

**ENGINYERIA TÈCNICA TOPOGRÀFICA**  
**PROJECTE DE FI DE CARRERA**

**PROJECTE D'AIXECAMENT TOPOGRÀFIC I DISSENY D'ESTACIÓ DE FERROCARRIL A SANTPEDOR**

<b>Projectista:</b>	Albert Sanz Cano
<b>Directora:</b>	Ana María Tapia Gómez
<b>Convocatòria:</b>	Juny de 2015



RESUM

El present projecte de fi de carrera exposa tots els passos seguits per tal d'arribar a una proposta d'ubicació i de disseny d'una estació de ferrocarril al municipi de Santpedor, aprofitant una línia de ferrocarril existent destinada al transport de mercaderies i la seva adaptació al transport de viatgers sota un model d'explotació basat en el concepte de "tren-tramvia".

L'objectiu passa per l'aprofitament i adaptació d'una infraestructura existent per tal de dotar a Santpedor, com també a d'altres municipis de la comarca, d'una millor oferta de transport públic que els comuniqui entre ells i amb la ciutat de Manresa, la capital.

Per tal de portar a terme el projecte s'ha fet un estudi de camp per determinar l'àmbit d'actuació i quina seria la millor ubicació per a l'estació, així com la metodologia de treball a seguir.

S'ha dut a terme un aixecament topogràfic mitjançant estació total i receptors GPS que ha permès l'edició d'un plànol topogràfic base a escala 1:500 partir del qual s'ha desenvolupat la part de disseny.

El projecte es completa del document Plànols, i per un estudi que avalua les possibles afectacions en el medi ambient i la integració en l'entorn, tenint en compte les edificacions i els serveis existents. S'han estudiat normatives específiques referents a la construcció d'infraestructures de ferrocarril o a l'accessibilitat.

ÍNDEX

1 INTRODUCCIÓ	3
2 LOCALITZACIÓ DEL PROJECTE	3
3 CARACTERÍSTIQUES URBANÍSTIQUES I DE MOBILITAT DEL MUNICIPI DE SANTPEDOR	4
3.1 Xarxa de comunicacions existents	4
3.1.1 Carreteres	4
3.1.2 Autobusos	4
3.1.3 Ferrocarrils	4
3.2 Demanda de mobilitat	4
3.3 Quantificació de la mobilitat	5
3.4 Planejament urbanístic	6
4 CARACTERÍSTIQUES DE LA LÍNIA DE FERROCARRIL OBJECTE DEL PROJECTE	7
4.1 Traçat	7
4.2 Estat actual de la infraestructura	7
5 CARACTERÍSTIQUES D'UN TREN-TRAMVIA I CONTEXTUALITZACIÓ DEL PROJECTE RESPECTE EL TREN-TRAMVIA DEL BAGES	8
5.1 Característiques i funcionalitat d'una línia de tren-tramvia	8
5.2 Característiques d'un vehicle de tren-tramvia	8
5.3 Tren-tramvia del Bages	9
6 AIXECAMENT TOPOGRÀFIC	10
6.1 Estudi previ i metodologia de treball	10
6.2. Treballs amb receptors GPS	10
6.2.1 Treball de camp	10
6.2.2 Treball de gabinet	11
6.2.3 Resultats	12
6.3. Treballs amb estació total	12
6.3.1 Treball de camp	12
6.3.2 Treball de gabinet	13
Error de tancament en angles	13
Error de tancament en coordenades	14
Càlcul de distàncies UTM	14
Planimetria	14
Altimetria	15
6.3.3. Resultats i edició del plànol topogràfic	16

7 DISSENY DE L'ESTACIÓ I DE LA PLATAFORMA	17	GLOSSARI	17
7.1 Disseny de l'estació	17	ACA: Agència Catalana de l'Aigua	17
7.1.1 Ubicació i característiques de l'estació	17	ADIF: Administrador de Infraestructuras Ferroviarias	17
7.1.2 Secció tipus	17	CE: Conformitat Europea	18
7.1.3 Accessibilitat	18	CTE: Codi Tècnic de l'Edificació	18
7.1.4 Terraplens i desmunts. Moviments de terres	18	EMO: Enquesta de Mobilitat Obligada	19
7.2 Disseny de la plataforma	19	FGC: Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya	19
7.2.1 Característiques de la plataforma	19	FGV: Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana	19
7.2.2 Seccions tipus	19	GPS: Global Positioning System	20
7.2.3 Moviments de terres	20	ICGC: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya	20
8 ESTUDI D'IMPACTE AMBIENTAL	20	IDESCAT: Institut d'Estadística de Catalunya	20
8.1 Estudi previ	20	NAC: Normativa d'Accessibilitat de Catalunya	20
8.1.1 Situació geogràfica. Classificació i usos del sòl	20	POUM: Pla d'Ordenació Urbanística Municipal	20
8.1.2 Geologia i geomorfologia	20	PST: Partícules en suspensió totals	21
8.1.3 Hidrologia	21	PMR: Persones de mobilitat reduïda	21
8.1.4 Vegetació i fauna	21	RINEX: Receiver Independent EXchange	22
8.1.5 Qualitat de l'aire i emissions	22	UTM: Universal Transverse Mercator	23
8.2 Mesures correctores	23		23
8.2.1 Moviments de terres i hidrologia	23		23
8.2.2 Reducció de les emissions de partícules a l'atmosfera	23		23
8.2.3 Contaminació acústica	24		24
8.2.4 Vegetació i fauna	24		24
9 CONCLUSIONS	24		
BIBLIOGRAFIA	25		
AGRAÏMENTS	25		
CONTINGUT DEL CD	26		
ANNEXES	26		
1. Ressenyes			
2. Informe de tancament GPS			
3. Informe de xarxa GPS			
4. Plànols			
4.1 Planta de situació			
4.2 Planta topogràfic			
4.3 Planta general			
4.4 Plantes parcials			
4.5 Estat d'alineacions en planta			
4.6 Perfils longitudinals			
4.7 Secció tipus			
5. Consulta de dades cadastrals			
6. POUM de Santpedor			

## 1 INTRODUCCIÓ

L'objectiu principal del present projecte és posar en pràctica els coneixements adquirits al llarg de la carrera d'Enginyeria Tècnica Topogràfica i complementar-los amb nous coneixements per tal de desenvolupar la part aplicada. Això ha passat per la utilització de nou software o per la documentació en l'àmbit de la mobilitat i de com es desenvolupen els estudis d'impacte ambiental.

La construcció d'una estació de ferrocarril al municipi de Santpedor parteix de la demanda de la comarca del Bages d'una millor dotació de transport públic, en aquest cas a partir de l'adaptació d'una línia de ferrocarril existent al transport de viatgers, donat que ara és utilitzada únicament per al transport de mercaderies.

A dia d'avui només s'ha desenvolupat al respecte un estudi informatiu per part de l'anterior departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya. Aquest estudi proposa adoptar un model d'explotació basat en el concepte de "tren-tramvia" per la seva major rendibilitat.

Aquest model consisteix bàsicament en la utilització d'uns vehicles amb unes característiques semblants a les d'un tramvia i més lleugers que un tren convencional. La infraestructura s'integra urbanísticament en les zones urbanes, mentre que en les interurbanes es manté similar a una línia de ferrocarril convencional.

Per tant, el model s'adequa a les necessitats de mobilitat que es plantegen i permet també la compatibilitat amb l'actual trànsit de trens de mercaderies.

És per això que la proposta d'estació i de plataforma de via s'ajusten a aquestes característiques i es contextualitzen en la línia de "tren-tramvia" que es podria implantar, donat que la lògica del present projecte passaria pel desenvolupament d'un projecte major i global.

## 2 LOCALITZACIÓ DEL PROJECTE

La localització del projecte es situa al municipi de Santpedor, pertanyent a la comarca del Bages. Es troba a sis quilòmetres al nord de Manresa (capital de la comarca) i a seixanta quilòmetres al nord de Barcelona. Té una població de 7.384 habitants (a cens de 2014) i una superfície de 16,6 quilòmetres quadrats. El municipi limita amb Sant Joan de Vilatorrada, Callús, Castellnou de Bages, Sallent i Sant Fruitós de Bages.

A les figures 2.1 i 2.2 es pot observar la localització de la comarca del Bages dins de Catalunya i la localització de Santpedor dins del Bages.



Figura 2.1: Mapa de comarques de Catalunya  
Font: Viquipèdia

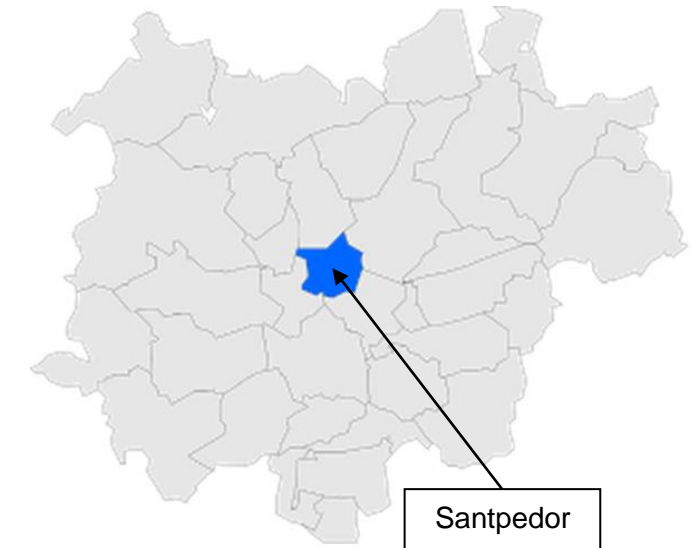


Figura 2.2: Mapa de municipis del Bages  
Font: Viquipèdia

### 3 CARACTERÍSTIQUES URBANÍSTIQUES I DE MOBILITAT DEL MUNICIPI DE SANTPEDOR

#### 3.1 Xarxa de comunicacions existents

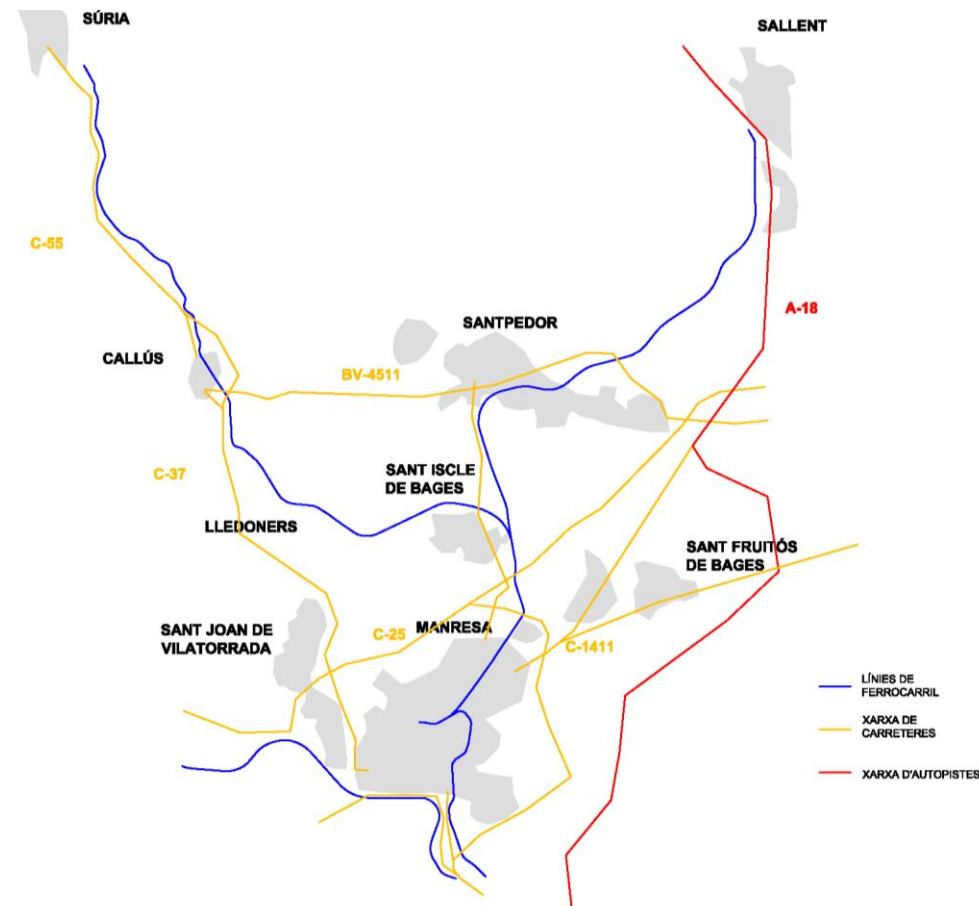


Figura 3.1: Xarxa de comunicacions per ferrocarril i carretera

##### 3.1.1 Carreteres

Les carreteres que afecten la mobilitat de l'entorn són les enumerades a continuació:

- C-16: Barcelona – Manresa – Berga – Baltarga (Lleida)
- C-25: Cervera (Lleida) – Manresa – Vic – Aeroport de Girona – Cassà de la Selva (Girona)
- C-55: Abrera (Barcelona) – Monistrol de Montserrat – Manresa – Súrria – Solsona (Lleida)
- BV-4511: Torroella de Baix (Barcelona) – Santpedor – Sant Martí de Torroella (Barcelona)
- BV-4501: Manresa (Barcelona) – Sant Fruitós del Bages – Santpedor (Barcelona)

##### 3.1.2 Autobusos

Hi ha una línia d'autobusos de l'empresa Alsina Graells (grup Alsa) que connecta Santpedor amb Manresa amb un servei cada mitja hora. Addicionalment, hi ha diverses línies d'autobusos des de Manresa de les empreses Castellar Bus (grup Sagalés), Alsina Graells i Julià que connecten Manresa amb molts punts de la comarca del Bages i de la província.

#### 3.1.3 Ferrocarrils

Actualment Santpedor no compta amb cap estació de ferrocarril, situant-se les més properes a Manresa. Hi trobem dues infraestructures ferroviàries:

- FGC: Els Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya són alhora propietaris i explotadors d'una línia de ferrocarril des de la Plaça d'Espanya de Barcelona fins a Sallent. El servei comercial de viatgers només arriba fins a Manresa amb un servei d'entre un i dos trens a l'hora en funció de la franja horària. La resta del servei entre Manresa i Sallent s'explota per al transport de mercaderies de potassa (KCl) i sal (NaCl). També hi ha un ramal que surt de Manresa fins a Súrria per al mateix fi.
- ADIF: És la propietària de la infraestructura ferroviària de la línia Madrid - Barcelona, tenint aquesta línia un ramal que discorre per Lleida i Manresa. El servei de viatgers que presta en aquesta línia és de Rodalies de Catalunya, operat per Renfe Operadora, amb un tren a l'hora cap a Barcelona i quatre al dia cap a Lleida.

#### 3.2 Demanda de mobilitat

Per tal d'estudiar la demanda de mobilitat entre les diferents poblacions, és molt important conèixer l'emplaçament de les diverses activitats i llocs d'interès de l'àmbit on el projecte té cobertura.

Els principals pols atractors i generadors de mobilitat són per una banda la ciutat de Manresa i per l'altra els diversos polígons industrials que s'estenen per la comarca.

En el cas de Manresa, en ser capital de comarca i amb major pes demogràfic, concentra els centres docents i universitats, els hospitals, els museus, biblioteques i espais culturals, comerços i equipaments esportius.

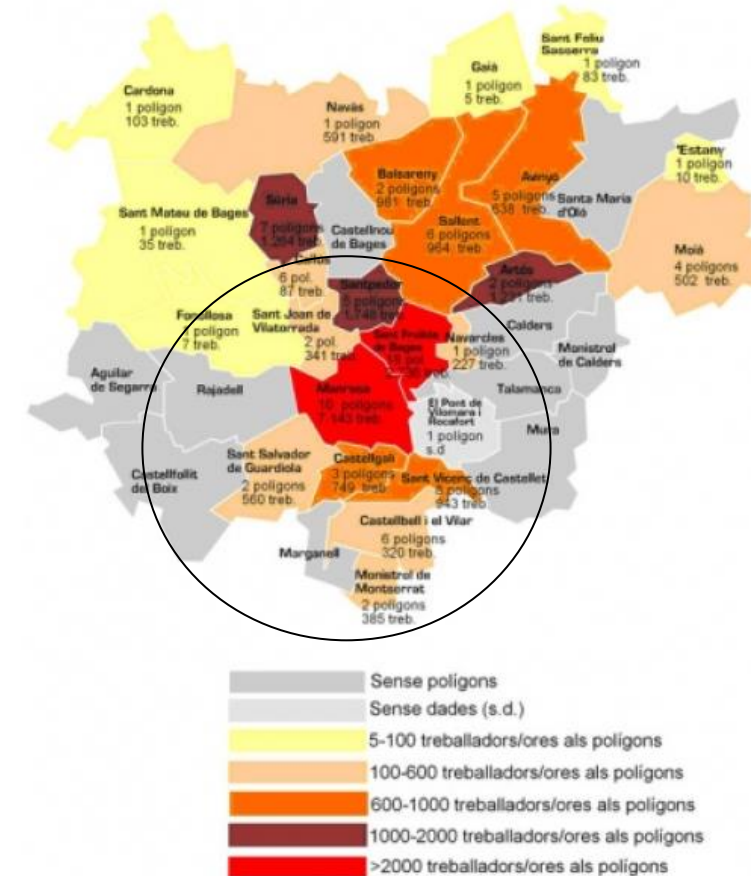


Figura 3.2: Relació de treballadors als polígons de la comarca. Font: Consell Comarcal del Bages



Pel que fa als polígons industrials, al Bages hi ha al voltant d'un centenar, amb més de mil empreses. Tal i com es pot observar en la figura 3.1, hi ha una forta presència en els eixos on passen les línies de ferrocarril; destaquen Manresa amb més de 7.100 treballadors/ores i Sant Fruitós de Bages amb més de 2.700 treballadors/ores en els seus respectius polígons. Tot seguit destaquen Santpedor, Súria i Artés.

El municipi de Santpedor compta amb 5 polígons industrials i més de 1.700 treballadors/ores. La línia de ferrocarril que travessa el municipi ho fa justament vorejant el nucli urbà i seguint la direcció de les carreteres BV-4501 (venint pel sud) i BV-4511 (seguint cap a l'est). Per tant passa pel voltant dels polígons industrials del municipi, així com els de Sant Fruitós de Bages. La ubicació de l'estació del tren-tramvia quedaria al sud-est del nucli urbà i adjacent al polígon industrial de Santa Anna III.

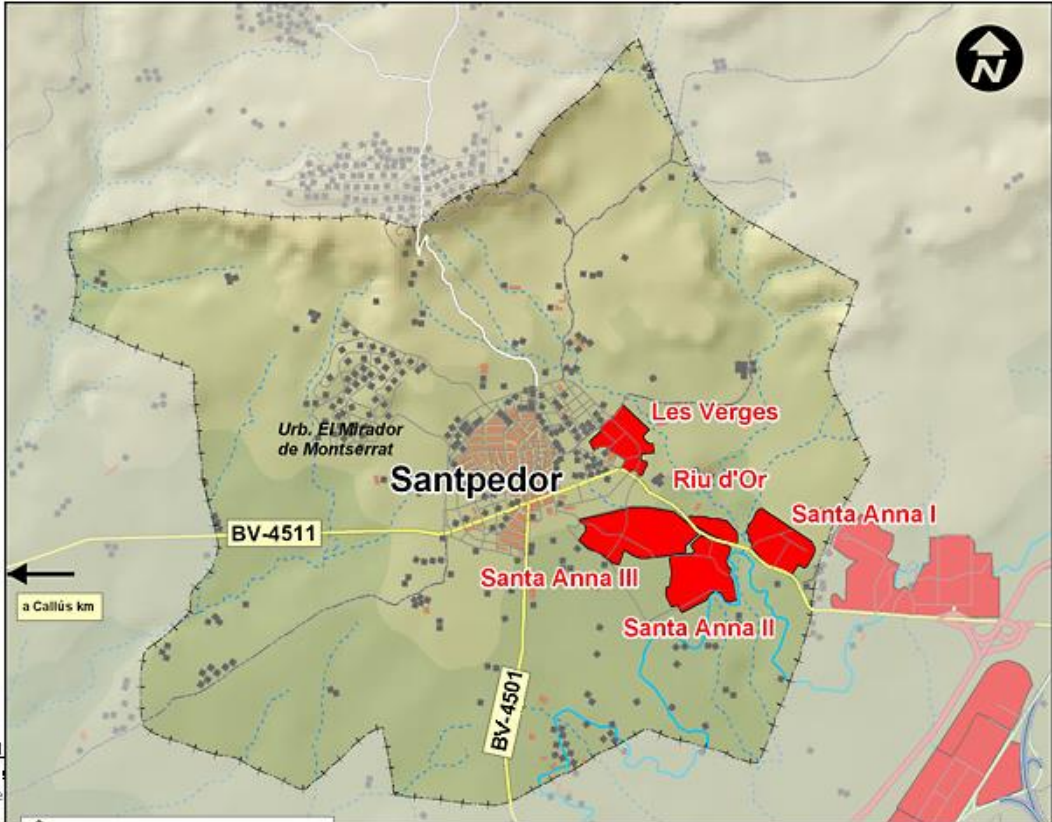


Figura 3.3: Polígons industrials en el municipi de Santpedor. Font: Consell Comarcal del Bages

D'altra banda, cal tenir en compte que els planejaments urbanístics municipals vigents faran augmentar aquestes xifres. En concret, una de les línies de creixement correspon a l'eix de la BV-4511 fins l'enllaç amb la C-25 (Santpedor, Sant Fruitós de Bages i Sallent).

3.3 Quantificació de la mobilitat

La caracterització de la mobilitat a la zona del Bages es realitza per a cada municipi implicat en l'estudi, a partir de les dades de l'enquesta de mobilitat obligada (EMO), que realitza l'IDESCAT. Tenint en compte la naturalesa de l'àrea i la manca de dades, es prenen com a referència i pauta del tipus de mobilitat en l'àmbit els desplaçaments per mobilitat obligada.

De les dades de l'EMO podem destacar que a Santpedor els desplaçaments externs superen en un 50% als interns i que hi ha un equilibri entre els desplaçaments que surten i els que arriben al municipi. Pel que fa a l'origen-destí dels desplaçaments, la majoria són entre municipis de la comarca, sent Manresa el principal.

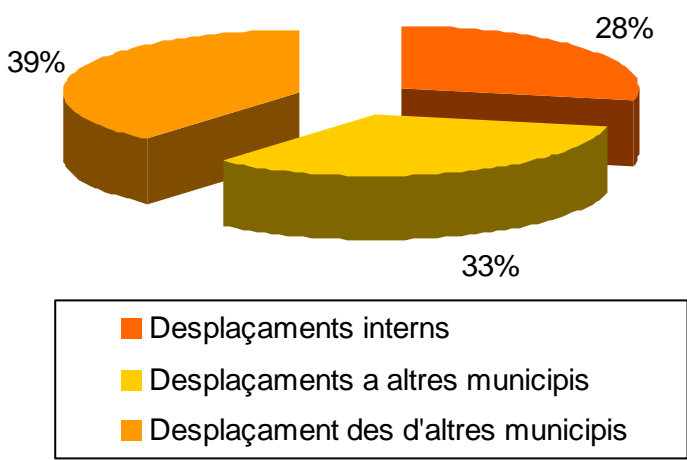


Figura 3.4: Desplaçaments per mobilitat obligada. Font: EMO 2001 de l'IDESCAT

Desplaçaments des d'altres municipis	2365
Manresa	1031
Sant Joan de Vilatorrada	251
Súria	107
Sallent	104
Sant Fruitós de Bages	104
Resta	768

Figura 3.5: Desplaçaments a Santpedor des d'altres municipis. Font: EMO 2001 de l'IDESCAT

Desplaçaments a altres municipis	2001
Manresa	961
Sant Fruitós de Bages	242
Barcelona	126
Sant Joan de Vilatorrada	77
Sallent	35
Resta	560

Figura 3.6: Desplaçaments de Santpedor a d'altres municipis. Font: EMO 2001 de l'IDESCAT

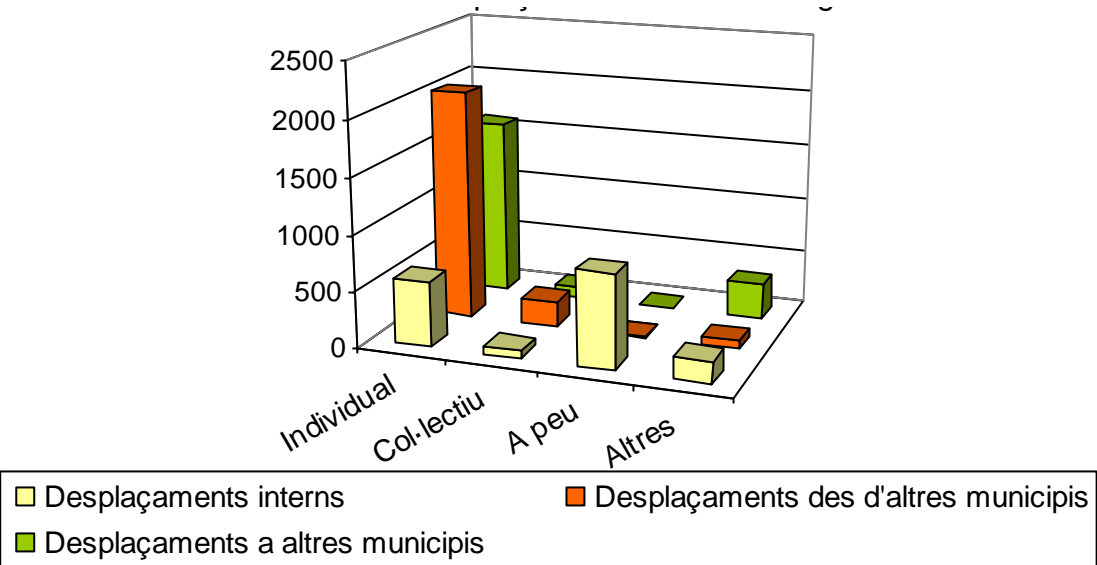


Figura 3.7: Distribució modal dels desplaçaments (gràfic). Font: EMO 2001 de l'IDESCAT



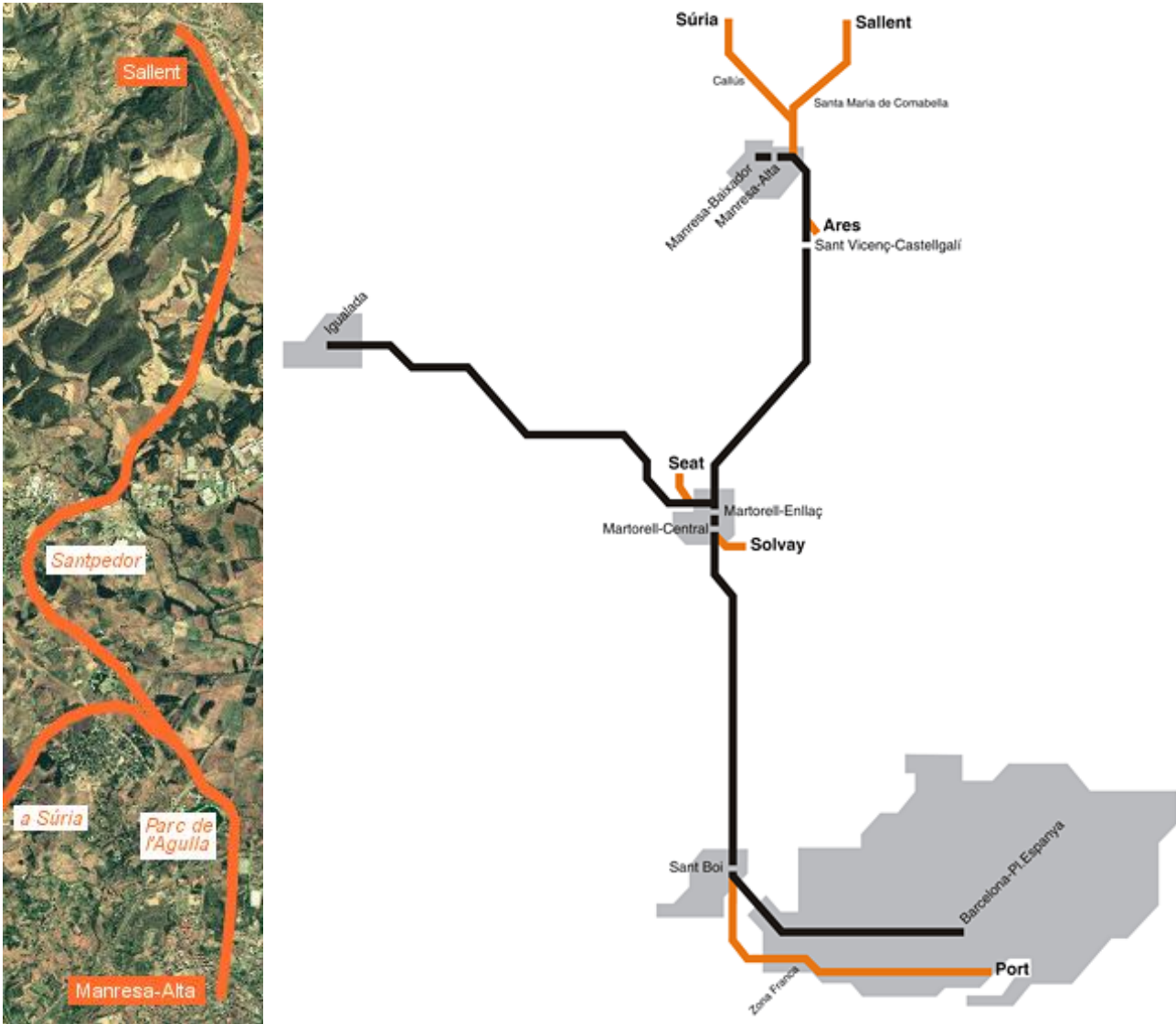


4 CARACTERÍSTIQUES DE LA LÍNIA DE FERROCARRIL OBJECTE DEL PROJECTE

4.1 Traçat




La línia de ferrocarril objecte del projecte és propietat de FGC. La pròpia companyia en fa l'explotació pel transport de mercaderies exclusivament. El traçat s'inicia a l'estació de Manresa-Alta, d'on surt a través d'un triangle amb un vèrtex a la línia que va cap a Martorell i l'altre a la línia que va a Manresa-Baixador. Passades unes quantes vies per apartador de vagons s'inicia la línia en sí. La primera part del traçat és força rectilini i es va enfilant per la plana, seguint el traçat original del 1885.

A continuació hi ha la bifurcació d'on surt el ramal de mercaderies que va cap a Súria. La via segueix en traçat suau passant pel costat de Sant Iscle i per Santa Maria de Comabella, i ben aviat comença la variant de 1985. La línia descriu una llarga corba a la dreta, deixant el nucli urbà de Santpedor a l'esquerra. Seguidament el traçat creua amb un pas superior i inicia un tram en trinxera. És en aquest punt de la línia on hem centrat la zona d'actuació del present projecte.



Per últim la via gira a l'esquerra, abandona Santpedor i s'endinsa en una zona boscosa que ja no deixarà fins arribar a l'estació de Sallent. Allà es troba el final de la línia i és on els trens de mercaderies són carregats de potassa (clorur potàssic) amb destinació al port de Barcelona.

La plataforma existent és de via única d'ample mètric, per tant permet la circulació de trens amb bogies d'un metre d'ample entre pestanyes. Els trens, d'un màxim de 2.650 mm d'ample són de tipus dièsel ja que no hi ha catenària en tot el ramal. Per aquest ramal sol circular un tren diari de potassa (locomotora dièsel 254 i vagons sèrie 62.000) en cada sentit.

	Mercaderia transportada	Recorregut	Composició habitual
 FGC	Sal (clorur sòdic)	Súria-Solvay	254 + vagons 63.000
 FGC	Potassa (clorur potàssic)	Sallent/Súria-Port/Ares	254 + vagons 62.000
 autometro	Automòbils Seat	Seat-Port	254* + vagons 65.000

\* esporàdicament la locomotora 254 pot ser substituïda per una doble tracció de 700/1000

Al llarg del traçat trobem com altres infraestructures viàries que el creuen estan preparades per facilitar un eventual desdoblament de la via, ja que l'espai de plataforma ho permet en previsió. És el cas del pas superior que trobem a Santpedor, dins de la zona d'actuació del projecte (figura 4.3).



Figura 4.3: Plataforma ferroviària i pas elevat del polígon industrial Santa Anna III de Santpedor (a la dreta)

4.2 Estat actual de la infraestructura

Donat que la plataforma és l'element suport de l'estructura de la via que rep les tensions degudes al trànsit a través de la capa de balast, cal realitzar prospeccions i controls que determinin la seva capacitat portant i el seus assentaments.

Figures 4.1 i 4.2: Traçat del ramal i de les línies de mercaderies de FGC. Font: Trenscat.cat

L'anàlisi d'aquests paràmetres es realitzarà per zones segons les mostres realitzades, establint les necessitats de sanejament de la plataforma. Segons la normativa de FGC les actuacions contemplaran els següents aspectes:

- En sòl natural: Si els valors estimats no són satisfactoris a la zona on es produeix s'haurà de desmuntar una capa de llit superficial i substituir-la per la de qualitat adient, compactant després dins de la Norma.
- En trinxera: Cal identificar els valors d'enfonsament, les corbes angulars, la resistència del sòl i, si no són satisfactoris els anteriors paràmetres, s'haurà de preparar una actuació de sanejament i consolidació de talussos, plataforma i drenatge.
- En terraplè: S'hauran d'examinar en el Projecte Constructiu les característiques geotècniques dels materials emprats en la coronació, el nucli i la base del terraplè. També s'haurà de comprovar la geometria pel que respecte a l'alçada i la inclinació dels talussos.

Les millores a realitzar en la plataforma han de tenir un complement irrenunciable que sigui la reposició o el condicionament del drenatge longitudinal i transversal per tal d'evacuar l'aigua superficial de la via, la qual cosa evitarà la causa que genera gran part dels fenòmens de contaminació del balast i d'erosió de la plataforma.

En la figura 4.3 també podem observar els efectes causats pel mal estat de la trinxera, que provoca una sedimentació fruit de la precipitació d'aigua.

## 5 CARACTERÍSTIQUES D'UN TREN-TRAMVIA I CONTEXTUALITZACIÓ DEL PROJECTE RESPECTE EL TREN-TRAMVIA DEL BAGES

### 5.1 Característiques i funcionalitat d'una línia de tren-tramvia

El tren-tramvia és un mitjà de transport que funciona com a tren entre poblacions i com a tramvia dins del nucli urbà. Per tant, combina trams amb característiques diferenciades com són les infraestructures ferroviàries i tramviàries. El vehicle ha d'estar adaptat per circular en ambdós situacions.

Les característiques dels trams ferroviaris són que el traçat es troba segregat i és poc sinuós, es disposa de senyalització ferroviària i es pot circular a velocitats altes. En el cas d'un tren suburbà o de rodalia, les velocitats màximes poden ser d'entre 80 i 100 km/h.

Les característiques dels trams tramviaris són que el traçat és més sinuós i permeable respecte altres vehicles i els vianants. Al circular per carrers urbans la circulació es fa amb marxa a la vista i s'arriba a un màxim de 50 km/h.

A dia d'avui tenim pocs exemples de tren-tramvia prop de casa nostra, en canvi sí que els trobem en altres països europeus. En el cas de l'estat espanyol l'únic en servei és a Alacant i a la seva rodalia. També estan planificats i pendents d'entrar en funcionament els serveis de la Badia de Cadis i de la província de Lleó. Per últim, hi ha el desestimat tren-tramvia de Manacor a Artà. A Europa trobem exemples a Karlsruhe (el primer sistema de tots), Saarbrücken, Kassel o Zwickau.

El sistema d'Alacant ens serveix de referència; és d'ample mètric i explotat per la companyia FGV. La línia de ferrocarril existent fins a Dènia s'ha reconvertit i adaptat al servei de tren-tramvia en una part del recorregut fins a Benidorm, decreixent les andanes, integrant la infraestructura i instal·lant catenària. També s'han construït prolongacions i ramals dins del municipi d'Alacant. Resta pendent d'adaptar la resta de la línia entre Benidorm i Dènia, que manté andanes altes i circulació de trens dièsel.

### 5.2 Característiques d'un vehicle de tren-tramvia

La composició del tren-tramvia seria raonablement de fins a tres cotxes articulats amb una longitud inferior a 40 m (ja que les andanes tenen una longitud de 80 m, preparades per a dobles composicions, i és convenient que existeixi també un cert marge per als maquinistes). Aquestes dimensions són les màximes que permetria la infraestructura dissenyada; en tot cas la demanda deduïda convida a plantejar unitats d'un sol cotxe amb una capacitat total no superior a 100 persones. Es planteja també que sigui un vehicle de pis baix, ja que l'explotació seria independent del servei de rodalia, i per tant només es circularà pel traçat amb andanes de pis baix.

La composició ha de ser bidireccional (per invertir de sentit en les capçaleres), capaç de desenvolupar una velocitat màxima de 100 km/h i apte per un pendent màxim de 60 mil·lèsimes. L'acceleració característica del tren-tramvia hauria de ser de  $1,2 \text{ m/s}^2$  i la desceleració màxima de servei de  $1,2 \text{ m/s}^2$ . El frenat d'emergència hauria de permetre una desceleració de  $2,6 \text{ m/s}^2$ .

El material mòbil ha de ser compatible amb un radi mínim en planta de 30 m i un radi mínim d'acord vertical de 1200 m. En l'apartat 7.2 de disseny de la plataforma es fa esment a les característiques d'aquesta, de manera que els vehicles han de ser aptes per circular per aquesta plataforma.

Actualment hi ha tres models de tren-tram espanyols que poden servir de referència per al material mòbil que s'usi en la línia que fa referència el present projecte. El primer cas és el futur tren-tramvia de la Badia de Cadis. És un model de tren elèctric d'ample ibèric on els cotxes disposen de portes a dues



altures, compatible en andanes de tramvia i en les andanes de ferrocarril existents de la xarxa d'ADIF (Figura 5.1). Un sistema de dues altures permetria per exemple l'explotació conjunta del servei de viatgers des de la plaça Espanya de Barcelona, una possibilitat en principi descartada.



Figura 5.1: Tren-tramvia de la Badia de Cadis

Una altra possible referència és el tren-tramvia d'Alacant de FGV. És un material mòbil elèctric que circula en ample mètric, el mateix que en el present cas. Aconsegueix velocitats de fins a 100km/h en entorns periurbans i es limita a 50 km/h en trams urbans consolidats (Figura 5.2).



Figura 5.2: Tren-tramvia d'Alacant

La tercera referència es pren respecte a un nou model de tren-tramvia que Feve (recentment integrada a Renfe Operadora) instal·larà a la província de Lleó. És també un model adequat per al nostre servei en ser d'ample mètric i presumiblement de tipus dièsel. Compta, com en el cas de la Badia de Cadis, de portes a doble altura (Figura 5.3).



Figura 5.3: Tren-tramvia de Feve per la província de Lleó

### 5.3 Tren-tramvia del Bages

El tren-tramvia del Bages s'ha plantejat com a resposta a la necessitat de dotar de millor transport públic a la comarca tot aprofitant una infraestructura existent i adaptant-la a aquesta necessitat. L'actuació es troba recollida en el "Pla d'Infraestructures de Transports a Catalunya 2006-2026", en el "Pla Director Urbanístic del Pla de Bages" i és també una proposta de planificació a llarg termini exposada en el document "Xarxa ferroviària del Bages" (Ifercat-FGC, febrer de 2007). A dia d'avui només s'ha desenvolupat al respecte un estudi informatiu per part de l'anterior departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya.

Existeixen prèviament estudis encarregats per FGC i la Generalitat de Catalunya sobre alternatives per adaptar els ramals de mercaderies al trànsit de viatgers, valorant les actuacions necessàries en els àmbits d'infraestructures, superestructura de via, electrificació, comunicacions o instal·lacions. Un altre estudi fa referència a l'avaluació del perllongament de la línia de FGC a Manresa mitjançant túnel urbà i apunta que la proposta presenta grans dificultats tècniques i constructives que fan dubtar de la seva viabilitat, sent una opció més elevada que la que suposa el tren-tramvia.

El traçat que s'ha plantejat inclou l'aprofitament de la línia de ferrocarril per a mercaderies explotada per FGC que parteix de Manresa Alta i es bifurca més tard cap a Súria i Sallent. En aquesta part del recorregut es construirien diversos baixadors així com es milloraria i sanejaria la plataforma, que seguiria sent de tipus ferrocarril i compartida amb el trànsit actual de trens de mercaderies. La resta del traçat seria de nova construcció, consistent en els perllongaments de cadascuna de les tres capçaleres cap als nuclis urbans de Manresa, Súria i Sallent, en forma de plataforma tipus tramvia i segregada però amb interseccions semaforitzades per a vehicles i vianants. A la figura 5.4 podem apreciar el recorregut.

No obstant, el projecte es pot desenvolupar per fases i atenent a criteris de demanda i rendibilitat, de manera que inicialment no es construeixi nova infraestructura i només s'actui en l'existent i en la construcció d'estacions, sent compatible amb les posteriors fases d'extensió.

Es connectaria amb altres transports públics, com l'estació de FGC de Manresa Alta, l'estació d'autobusos adjacent i l'estació de Rodalies de Catalunya de Manresa (aquest darrer cas depèn del perllongament del traçat). Per tant, es podrien realitzar transbordaments per arribar a altres destinacions de la comarca, a altres comarques, així com a Barcelona.



Figura 5.4: Recorregut amb la línia actual i les prolongacions. Font: Regió 7

Pel que fa a l'explotació, s'hauran de tenir molt en compte els condicionants de la pròpia infraestructura com són la via única, la manca d'electrificació, la convivència amb circulacions de trens de rodalia i de mercaderies i les interseccions amb cruïlles en l'àmbit urbà. Per aquest motiu la circulació ha de ser per horaris i no per freqüències, garantint el creuament ens els punts convenients i la no afectació a la resta de circulacions.

Aquest fet suposa que en l'àmbit urbà sigui necessari un sistema d'abalisament que detecti el tren-tramvia amb antelació i li doni prioritat en la semaforització per tal de no aturar-se o reduir la velocitat. En l'àmbit compartit amb les altres circulacions s'haurà d'instal·lar un sistema de senyalització que les reguli i protegeixi.

Per últim, la tria dels vehicles vindria determinada per la instal·lació o no de catenària en tot el traçat, però d'entrada el més probable és que s'optés per trens dièsel.

## 6 AIXECAMENT TOPOGRÀFIC

### 6.1 Estudi previ i metodologia de treball

El primer que hem fet és un reconeixement de tota la zona i de l'entorn per conèixer les característiques del terreny i de la infraestructura ferroviària i així definir quina serà la zona d'actuació que abraçarà el nostre projecte per tal de fer-hi l'aixecament topogràfic. En aquest cas inclou la ubicació de la nova estació de tren-tramvia, la línia de ferrocarril existent en un tram de 400 metres i l'entorn més proper.

També s'ha fet alhora un reportatge fotogràfic (annex 8) i s'han visualitzat les possibles ubicacions de les bases i les afectacions que es puguin produir en serveis o finques confrontants.

La metodologia de treball triada ha estat la de realitzar l'aixecament topogràfic amb una estació total per tal d'obtenir un major nivell de precisió, tenint en compte que necessitem obtenir també les coordenades de la via de ferrocarril.

Hem definit la ubicació definitiva d'una sèrie de bases (en total 7) que permeten conformar una poligonal tancada i diversos anells, des d'on s'ha fet la radiació dels punts. La poligonal i els anells aprofiten totes les visuals possibles entre bases i tenen trams en comú, per tal d'exercitar el càlcul i la compensació.

Per tal de georeferenciar l'aixecament topogràfic s'ha optat per obtenir coordenades de dues de les bases mitjançant receptors GPS en mode estàtic, per donar posteriorment coordenades a la resta de bases i els punts radiats mitjançant els treballs de gabinet.

Les bases de la poligonal s'han senyalitzat de forma permanent mitjançant estaca de fusta en paviment de terra o marca de pintura en paviment d'obra. Es pot observar cadascun dels casos en les ressenyes que apareixen en l'annex 1.

### 6.2. Treballs amb receptors GPS

#### 6.2.1 Treball de camp

Per a obtenir coordenades s'han utilitzat dos receptors Leica GPS System 500 del model SR530 amb les següents característiques:

- Recepció de satèl·lits de doble freqüència per a temps real
- Canals de recepció: 12 canals L1 en rastreig continu i 12 canals L2 en rastreig continu
  - Canals L1: fase portadora, codi P1, codi C/A
  - Canals L2: fase portadora, codi P2
- Antena: AT502 antena microstrip L1/L2, amb pla de terra integrat
- Precisió: 5mm+1ppm en mode estàtic ràpid, 3mm+1ppm en mode estàtic i centimètrica en RTK

Hem estacionat simultàniament en les bases B5 i B6 dos tripodes amb base anivellant i amb les antenes muntades a sobre, realitzant observacions en mode estàtic durant una hora i amb lectures cada 5 segons. Les dues bases tenen bon horitzó.





Figura 6.1: Receptor GPS estacionat en base B6

6.2.2 Treball de gabinet

El càlcul en post procés l'hem realitzat amb el software Leica GeoOffice.

El sistema el completem amb dues estacions més: l'estació de referència permanent de Solsona (SONA) i una estació de referència virtual ubicada en aquest cas a la plaça de la Vila de Sallent, les coordenades geogràfiques de la qual obtenim gràcies a Google Earth.

La distància reduïda entre les bases B5 i B6 és de 56,40 m, mentre que les distàncies de l'estació de referència permanent de Solsona i de l'estació de referència virtual a les bases B5 i B6 és d'uns 35,8 km i 6,5 km respectivament.

A la botiga Catnet web de l'ICGC on hi ha el servei de post procés descarreguem els arxius RINEX que contenen les efemèrides emeses de les dues estacions tot indicant el mateix període d'observació en que vam fer les mesures en camp amb els receptors GPS.

Creem el projecte i importem les dades crues que ens han generat els dos receptors GPS, més les dades obtingudes dels arxius RINEX de les estacions.

El primer que farem serà comprovar els desplaçaments vertical i de centre de fase L1 i L2 de l'antena de l'estació de Solsona, per tal d'indicar els mateixos que apareixen en la seva fitxa, disponible al web de l'ICGC (offset L1 i L2). També afegirem la lectura d'altura que tenien les antenes dels receptors GPS quan les vam estacionar sobre el trípode.

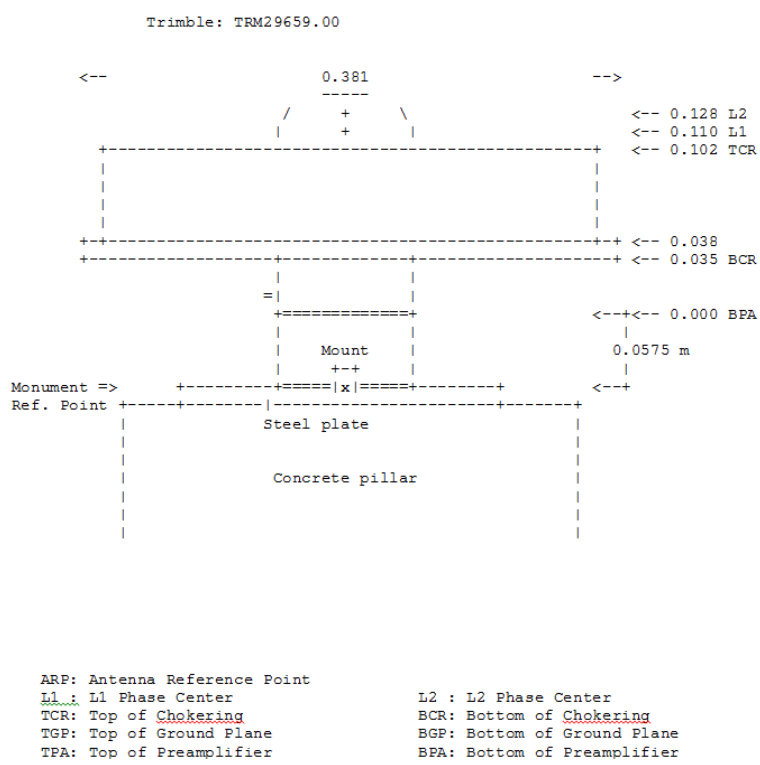


Figura 6.2: Antena de l'estació de referència de Solsona

Un cop tenim totes les dades importades i revisades, passem a les finestres de satèl·lits per tal d'eliminar totes les observacions que presenten interrupcions o temps molt curts. A continuació fixem les estacions de referència com a punts de control i les bases com a navegació. Acotem l'interval de temps comú de les observacions.

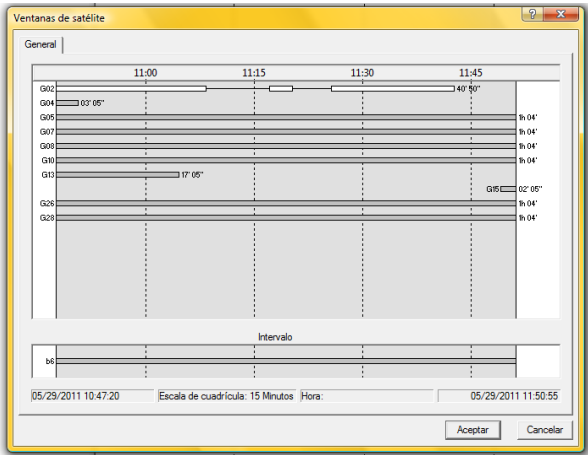


Figura 6.3: Finestra de satèl·lits de la base B6

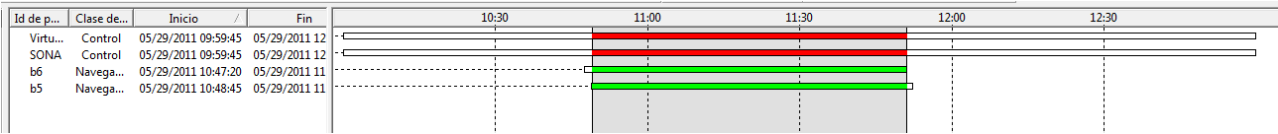


Figura 6.4: Detall de les observacions i l'interval de temps comú

Ara ja podem realitzar el processat. Primer radiem des dels punts de control a les dues bases. Comprovem com s'han resolt les ambigüitats i guardem els resultats (figura 6.5). A continuació radiem de la base B5 a la B6. També s'han resolt les ambigüitats i guardem els resultats (figura 6.6).



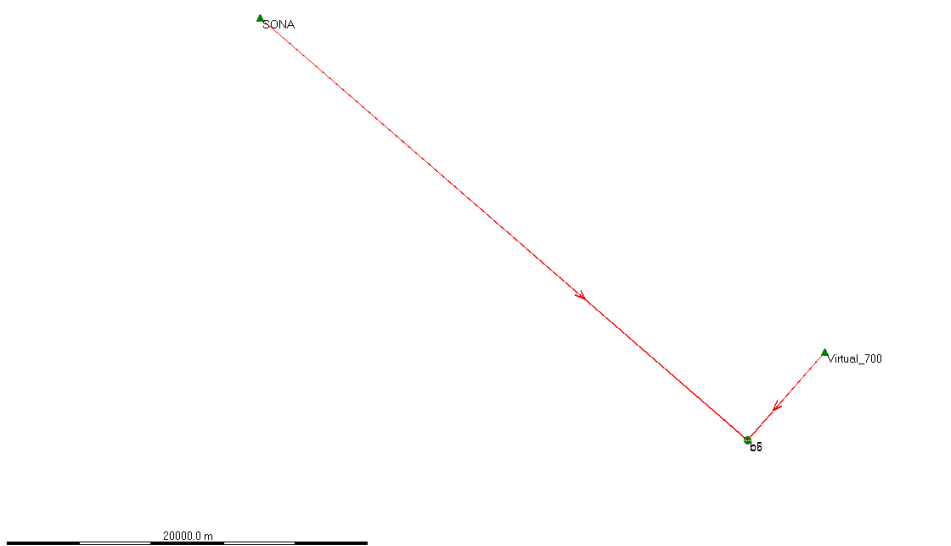


Figura 6.5: Detall de la radiació de les estacions de referència a les bases

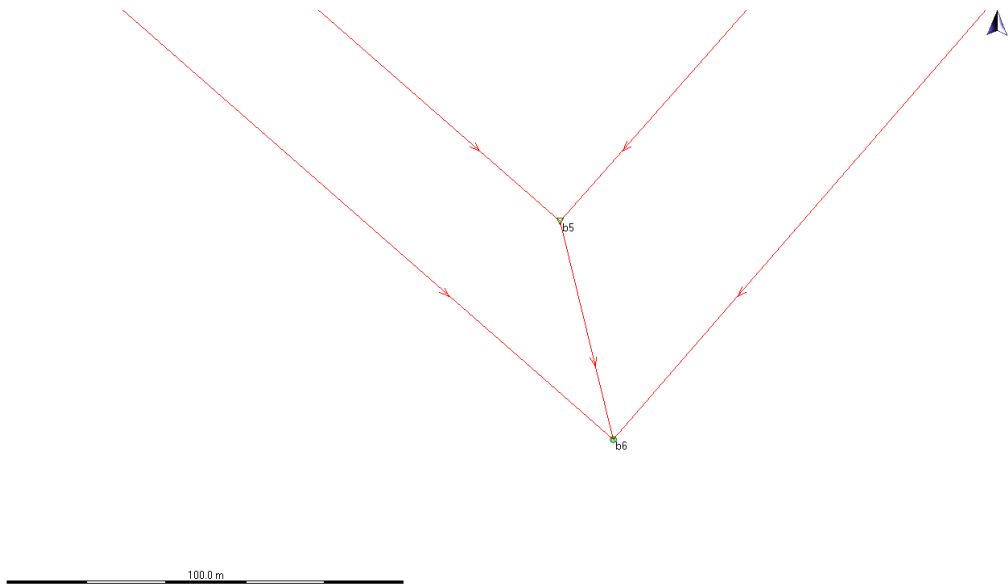


Figura 6.6: Detall de la radiació de la base B5 a la B6, a una distància reduïda de 56,40 m entre elles

Un cop obtingudes les coordenades aproximades de les dues bases, emprarem l'ajust de xarxa per aplicar unes correccions per mínims quadrats i obtenir unes coordenades corregides. En l'annex 2 s'inclouen el càlcul de tancaments de la poligonal de la xarxa i la xarxa ajustada.

6.2.3 Resultats

Emprem la calculadora geodèsica de l'ICGC per passar les coordenades geogràfiques obtingudes a UTM 31N amb altures ortomètriques. Les coordenades resultants són:

Estació	X <sub>UTM</sub>	Y <sub>UTM</sub>	H
5	403812,202	4626051,991	314,714
6	403824,701	4625996,991	310,950

Podem argumentar la consistència interna dels resultats obtinguts perquè les correccions aplicades han sigut inferiors al centímetre i perquè les el·lipses d'error també són inferiors al centímetre.

6.3. Treballs amb estació total

6.3.1 Treball de camp

Per a la realització de l'aixecament hem utilitzat una estació total Leica Flexline TS06plus, amb les següents característiques:

- Augments: 30X
- Sensibilitat: 20<sup>cc</sup>
- Apreciació: 10<sup>cc</sup>
- Precisió: 1.5mm + 2ppm
- Nivell esfèric del prisma: 8"
- Nivell esfèric de l'aparell: 3"

L'estació total l'hem muntada sobre trípod. Per a la radiació dels punts utilitzem un jaló amb prisma i nivell esfèric. La radiació del carril de la via de ferrocarril s'ha fet amb un prisma especial per aquest tipus d'aixecaments i que disposa d'una base imantada i nivell esfèric.



Figura 6.7: Prisma imantat per aixecament de carril

S'han radiat tots aquells punts necessaris per tal de representar vials i voreres, tipus de paviment (terra, conreu o matoll) fanals, arbres, murs o delimitacions, desmunts i terraplens.

En el cas de la via de ferrocarril s'ha radiat un únic carril amb punts cada 5 metres. Hem definit per tant la cara interior del carril en planimetria i el cap de carril en altimetria. A l'hora de representar-ho en el plànol, l'altre carril s'ha dibuixat fent una paral·lela a 1 metre de distància, ja que es tracta d'una via d'ample mètric, i sense tenir en compte el lleu peralt de la corba. Segons el radi de la corba resultant calcularem el peralt corresponent.

Per tal d'obtenir una major precisió en la poligonal, sempre que s'ha estacionat s'han realitzat observacions a les bases anterior i posterior abans de radiar i almenys en una ocasió a les altres bases

visibles. Les lectures angulars es realitzen llegint en cercle directe i després en cercle invers per tal d'aplicar la regla de Bessel i així eliminar els errors sistemàtics de l'aparell.

En l'estació total hem anat introduint sempre el codi del punt, l'altura de l'aparell i l'altura del prisma. A banda, sempre hem anotat en el quadern totes les lectures entre bases i hem anat dibuixant un croquis de la radiació.

6.3.2. Treball de gabinet

Per al treball de gabinet i fer tots els càlculs necessaris hem emprat el software Excel de Microsoft. En el CD s'adjunta l'arxiu d'Excel amb els diferents fulls de càlcul.

Prepararem el full de càlcul amb totes les visuals entre bases, amb les lectures horitzontal i vertical directes i recíproques, a més de la distància geomètrica. Hi afegim l'altura de l'aparell i l'altura del prisma. Obtenim les lectures horitzontal i vertical (després d'aplicar la regla de Bessel), la distància reduïda i la diferència de cota. Detall de les lectures entre bases:

Estació	Punt visat		L. Horizontal	L. Vertical	Dg	m	i	Dr	ΔZ
1	7	Directa	148,6114	99,6825	75,102	1,3	1,647	75,104	0,725
		Recíproca	348,6123	300,3228	75,107				
		Bessel	148,6119	99,6799	75,105				
	2	Directa	274,2395	98,8832	107,271	1,3	1,647	107,254	2,226
		Recíproca	74,2405	301,1134	107,270				
		Bessel	274,2400	98,8849	107,271				
	5	Directa	238,7980	98,0491	138,091	1,7	1,647	138,023	4,180
		Recíproca	38,7898	301,9532	138,084				
		Bessel	238,7939	98,0480	138,088				

A continuació hem calculat la poligonal i els diversos anells, d'on obtenim unes coordenades aproximades de les bases, a partir dels azimuths observats i de les coordenades de les bases B5 i B6, que ja havíem obtingut un cop fet el post-processament de les observacions dels receptors GPS.



Figura 6.8: Bases de l'aixecament, amb la poligonal i els anells resultants

La poligonal (representada en vermell) té com a bases de partida i tancament la B5 i la B6, passant per B7, B1, B2, B3 i B4.

L'anell 1 (representat en verd) té com a bases de partida i tancament la B5 i la B4, passant per B6 i B2.

L'anell 2 (representat en groc) té com a bases de partida i tancament la B7 i la B1, passant per B5.

L'anell 3 (representat en blau) té com a bases de partida i tancament la B5 i la B6, passant per B3.

Calculem ara quins errors de tancament s'han produït i la tolerància de la poligonal i dels diversos anells per tal de poder donar per vàlids o no els resultats.

Error de tancament en angles

Començarem per calcular l'error angular i la tolerància angular. L'error angular ens ve donat per la composició quadràtica de l'error de verticalitat, l'error en punteria, l'error de lectura i l'error de direcció (a partir dels errors de senyal i d'estació). Per a fer el càlcul tindrem en compte les característiques de l'estació total i del prisma emprats en l'aixecament.

$$e_a = \sqrt{e_v^2 + e_p^2 + e_l^2 + e_d^2}$$

$$e_v = \frac{1}{12} S''$$

$$e_p = \frac{\frac{30^{cc}}{A} * (1 + \frac{4 * A}{100})}{\sqrt{2}}$$

$$e_l = \frac{a}{\sqrt{2}}$$

$$e_d = \frac{e_s + e_e}{D} * 636620$$

$$e_s = m * \sin \beta \quad e_e = i * \sin \gamma$$

La tolerància angular es calcula en funció de l'error angular i del número d'estacions de cada itinerari.

$$T = e_a \sqrt{2} \sqrt{n}$$

Els errors de tancament dels azimuths observats i la tolerància angular per cada itinerari es resumeixen en la taula següent:

	Poligonal	Anell 1	Anell 2	Anell 3
Error de tancament	-0,0045 °	0,0032 °	0,0037 °	-0,0024 °
Tolerància angular	0,0110 °	0,0078 °	0,0052 °	0,0083 °

Donem per vàlids els errors de tancament en angles per entrar tots dins de la tolerància angular.



### Error de tancament en coordenades

A continuació calculem els errors transversal i longitudinal i la tolerància en coordenades.

L'error transversal és funció de l'error angular i del sumatori de distàncies. L'error longitudinal és funció de les característiques del distanciómetre, de la distància i dels errors de senyal i d'estació.

Calculem ara la tolerància en coordenades, que serà la component quadràtica de l'error transversal i de l'error longitudinal. La tolerància ha de ser inferior o igual a la component quadràtica dels errors en coordenades de X i de Y (diferència en el tancament del primer tram en inici i final de la poligonal o de l'anell).

$$T_c = \sqrt{E_t^2 + E_l^2} \leq \sqrt{\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2}$$

Els errors de tancament en coordenades i la tolerància en coordenades per cada itinerari es resumeixen en la taula següent:

	Poligonal	Anell 1	Anell 2	Anell 3
<b>Error de tancament</b>	0,004 m	0,006 m	0,009 m	0,009 m
<b>Tolerància en coordenades</b>	0,064 m	0,035 m	0,029 m	0,028 m

Donem per vàlids els errors de tancament en coordenades per entrar tots dins de la tolerància angular.

### Càlcul de distàncies UTM

Per obtenir les distàncies UTM partirem de les distàncies observades en camp, a les quals primer aplicarem una sèrie de transformacions o correccions.

- Correcció meteorològica: amb l'ús d'estacions totals amb distanciómetres electromagnètics s'evita realitzar aquesta correcció, ja que es pot introduir en l'estació total la pressió atmosfèrica i la temperatura.
- Reducció d'angle de pendent al terreny: consisteix a igualar l'altura de l'estació amb l'altura del prisma per tal que la distància vagi només en funció de l'angle vertical observat.
- Reducció a l'horitzó: apliquem una correcció a partir dels desnivells existents entre estacions i les distàncies al cap del prisma.
- Reducció al nivell del mar: reduïm les distàncies a l'el·lipsoide. Per això realitzem uns càlculs a partir dels radis de curvatura N i p de l'el·lipsoide i de l'excentricitat.
- Pas de la corda de l'arc: aquesta correcció s'aplica en les xarxes de primer i segon ordre a partir de la R de l'el·lipsoide.

Un cop fetes les diferents correccions podrem calcular l'anamorfois (K) aplicable a les distàncies reduïdes a l'el·lipsoide. S'ha calculat en cada base i en el punt mig entre elles, per obtenir mitjançant promig el coeficient aplicable a cada distància. Per tant, es multiplica cada coeficient d'anamorfois amb la corresponent distància el·lipsoïdal.

La taula següent mostra els coeficients d'anamorfois i les distàncies UTM de la poligonal:

Estació	Punt visat	K <sub>UTM</sub>	K <sub>UTM</sub> promig	D <sub>UTM</sub>	D <sub>UTM</sub> promig
5	6	0,9997141	0,99971395	56,360	56,383
6	5	0,9997138		56,406	
6	7	0,9997138	0,999713804	124,987	124,987
7	6	0,99971381		124,986	
7	1	0,99971381	0,999713923	75,076	75,079
1	7	0,99971404		75,082	
1	2	0,99971404	0,999714133	107,223	107,222
2	1	0,99971422		107,220	
2	3	0,99971422	0,999714247	82,120	82,117
3	2	0,99971427		82,114	
3	4	0,99971427	0,999714198	65,416	65,427
4	3	0,99971413		65,438	
4	5	0,99971413	0,999714113	65,246	65,220
5	4	0,9997141		65,194	
5	6	0,9997141	0,99971395	56,360	56,383
6	5	0,9997138		56,406	

### Planimetria

Farem una compensació de les coordenades per mínims quadrats aplicant una correcció a cada coordenada X i Y de les bases. També calcularem els errors associats.

Per això procedirem primer a muntar les matrius A, U i P.

- La matriu de disseny A ens relaciona les equacions amb les incògnites. La matriu està formada per tantes files (equacions), visuals directes i recíproques tenim, com columnes (incògnites a resoldre).
- La matriu de pesos P ens relaciona els errors amb les observacions. Es tracta d'una matriu quadrada de valors 0 excepte en la seva diagonal, que conté com a valors la inversa del quadrat de l'error angular o de la distància de cada tram.
- La matriu de termes independents U és el resultat de la diferència entre elements observats i elements calculats. Per a les equacions d'azimuts els valors estan en segons centesimals i per a les equacions de distància estan en metres.

Tot seguit fem el càlcul matricial per obtenir la matriu X, que seran les correccions que aplicarem a les coordenades. Apliquem la fórmula  $X = (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} \cdot P \cdot U$ .

Ja disposem de les correccions, però per donar-les per vàlides estimarem abans la bondat dels valors obtinguts calculant la desviació típica i els errors associats.

Per això calcularem la matriu de residus  $R = A \cdot X - U$ . I a continuació la variància i la desviació típica a partir de les matrius R i P i en funció dels graus de llibertat, que ens han donat com a valors:  $\sigma^2 = 0,05444$  i  $\sigma = 0,23333$ .

El següent pas és calcular la matriu de variància-covariància. La diagonal d'aquesta matriu és la que ens dona els errors associats que estàvem buscant, amb una fiabilitat del 68%. Per conèixer els errors

amb una fiabilitat del 95% hem de multiplicar cada valor per una constant que hem de consultar en la taula t-Student, en funció de la  $\alpha$  i els graus de llibertat. La taula resultant és:

Coordenades	Errors associats	
	68% de fiabilitat	95% de fiabilitat
X1	0,0004	0,0008
Y1	0,0011	0,0022
X2	0,0005	0,0010
Y2	0,0004	0,0008
X3	0,0004	0,0009
Y3	0,0003	0,0007
X4	0,0004	0,0008
Y4	0,0003	0,0007
X7	0,0004	0,0008
Y7	0,0010	0,0021

Per últim podem calcular les el·lipses d'error, que ens indicaran la incertesa que té la determinació de les coordenades en un punt, a partir dels eixos (a i b) i orientacions (w) que se'n determinin. Per al càlcul apliquem les fórmules següents:

$$a^2 = \frac{1}{2} \left[ \sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sqrt{(\sigma_x^2 - \sigma_y^2)^2 + 4\sigma_{xy}^2} \right]$$

$$b^2 = \frac{1}{2} \left[ \sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sqrt{(\sigma_x^2 - \sigma_y^2)^2 + 4\sigma_{xy}^2} \right]$$

$$\tan 2w = \frac{2\sigma_{xy}}{\sigma_y^2 - \sigma_x^2}$$

Els valors que obtenim són:

Estacions	68% de fiabilitat			95% de fiabilitat		
	a	b	w (orientació)	a	b	w (orientació)
1	0,0011	0,0004	-0,419	0,0022	0,0008	-0,099
2	0,0005	0,0004	-27,429	0,0010	0,0008	-8,533
3	0,0005	0,0003	25,325	0,0009	0,0007	7,513
4	0,0004	0,0003	16,408	0,0008	0,0007	4,225
7	0,0010	0,0004	-5,774	0,0021	0,0008	-1,375

En vista de la consistència interna dels resultats donarem finalment per bones les correccions que havíem obtingut del càlcul matricial. Apliquem per tant aquestes correccions a les coordenades X i Y de les nostres bases:

Coordenades aproximades + Correccions = Coordenades compensades

X1	403948,117	0,000602204	403948,118
Y1	4626076,009	0,001192928	4626076,010
X2	403848,591	0,000520691	403848,591
Y2	4626115,987	0,00017699	4626115,987
X3	403771,460	0,000191535	403771,460
Y3	4626087,732	-0,000343534	4626087,732
X4	403752,805	0,000302395	403752,805
Y4	4626025,000	-0,000740573	4626024,999
X7	403949,665	-0,000753609	403949,665
Y7	4626000,922	0,001610794	4626000,923

### Altimetria

L'anivellació que hem fet en el projecte és la trigonomètrica i la compensació ha sigut per mínims quadrats. Prèviament també hem calculat unes correccions i els errors en cada desnivell.

Als desnivells calculats apliquem la correcció per refracció i esfericitat de la Terra, gairebé inapreciable. La fórmula és la següent, on R és el radi de la Terra:

$$C_e - C_r = 0.42 \frac{D^2}{R}$$

Ara calculem l'error màxim en cada desnivell ( $e_z$ ), resultat de la component quadràtica de l'error de verticalitat, de l'error de punteria i de l'error de lectura:

$$e_z = \sqrt{e_{tD}^2 + e_{tV}^2 + e_m^2 + e_i^2}$$

- L'error  $e_{tD}$  és funció de les característiques del distanciómetre i dels errors d'estació i de senyal.
- L'error  $e_{tV}$  és funció de la influència de l'error en la mesura de l'angle vertical.
- L'error  $e_m$  és l'error per falta de verticalitat del prisma.
- L'error  $e_i$  és l'error en la mesura del instrument.

El següent serà calcular els errors  $e_z$  mitjana de cada tram i la tolerància per cadascun d'aquests trams, component quadràtica de l'error en el mateix tram.

Trams	Tolerància (m)	Ez mitjana (m)
1 a 2	0,0230	0,0179
2 a 3	0,0280	0,0199
3 a 4	0,0230	0,0163
4 a 5	0,0230	0,0163
6 a 7	0,0230	0,0163
7 a 1	0,0230	0,0162
1 a 5	0,0271	0,0185
2 a 5	0,0229	0,0162
2 a 6	0,0275	0,0179
3 a 5	0,0231	0,0163
3 a 6	0,0292	0,0195
4 a 6	0,0229	0,0162
5 a 7	0,0231	0,0163

Calculem l'error quilomètric ( $e_k$ ) i la tolerància de la poligonal i dels anells. L'error quilomètric serà l'error màxim que cometríem amb l'equip considerant que es produeixen només els errors accidentals i amb mesures distanciades  $D$  metres. Segueix la següent fórmula, on  $D$  és la distància mitjana de les visuals de la poligonal o dels anells:

$$e_k = \frac{e_z}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{1000}{D}}$$

La tolerància altimètrica serà el resultat de multiplicar l'error quilomètric per l'arrel de la distància de la poligonal o dels anells en quilòmetres:

$$T = e_k \sqrt{K}$$

Comparem cada tolerància amb l'error de tancament. Els resultats en el cas de la poligonal i dels anells es resumeixen en la següent taula:

	E. tancament (m)	$e_z$ mitjana trams (m)	$D_{UTM}$ mitjana	$e_k$	Tolerància (m)
<b>Poligonal</b>	-0,0019	0,0170	79,390	0,0427	0,0324
<b>Anell 1</b>	-0,0039	0,0167	81,875	0,0412	0,0239
<b>Anell 2</b>	-0,0037	0,0170	114,944	0,0355	0,0213
<b>Anell 3</b>	0,0002	0,0174	68,503	0,0470	0,0218

A més, també hem comparat la tolerància per trams amb la diferència entre desnivells directe i recíproc. La tolerància ve donada per la component quadràtica de l'error en cada tram.

En vista que tots els errors entren en tolerància procedirem a fer la compensació de les cotes per mínims quadrats, aplicant una correcció a cada cota. També calcularem els errors associats.

Procedirem primer a muntar les matrius  $A$ ,  $U$  i  $P$ . Seguirem els mateixos passos que amb la planimetria per obtenir la matriu  $X$ , que en aquest cas ens donarà les cotes corregides. Un cop tenim les cotes corregides, per donar-les per vàlides estimarem abans la bondat dels valors obtinguts calculant la desviació típica i els errors associats.

Per això calcularem la matriu de residus  $R = A \cdot X - U$ . I a continuació la variància i la desviació típica, que ens han donat com a valors:  $\sigma^2 = 0,59068$  i  $\sigma = 0,76856$ .

El següent pas és calcular la matriu de variància-covariància. La diagonal d'aquesta matriu és la que ens dona els errors associats que estàvem buscant, amb una fiabilitat del 68%. Per conèixer els errors amb una fiabilitat del 95% hem de multiplicar cada valor per una constant que hem de consultar en la taula t-Student, en funció de la  $\alpha$  i els graus de llibertat. La taula resultant és:

Cotes	Errors associats	
	68% de fiabilitat	95% de fiabilitat
<b>H7</b>	0,0055	0,0024
<b>H1</b>	0,0062	0,0027
<b>H2</b>	0,0052	0,0023
<b>H3</b>	0,0052	0,0023
<b>H4</b>	0,0054	0,0023

En vista de la consistència interna dels resultats donarem finalment per bones les cotes compensades que havíem obtingut del càlcul matricial:

$$X = \begin{array}{c|c} 311,254 & \mathbf{Z7} \\ 310,529 & \mathbf{Z1} \\ 312,757 & \mathbf{Z2} \\ 311,215 & \mathbf{Z3} \\ 309,076 & \mathbf{Z4} \end{array}$$

### 6.3.3. Resultats i edició del plànol topogràfic

Els resultats finals obtinguts són les coordenades compensades de totes les bases tant en planimetria com en altimetria; les coordenades de les bases B5 i B6 ja les havíem obtingut del post-processament de les observacions dels receptors GPS:

Estació	Coordenades compensades		
	$X_{UTM}$	$Y_{UTM}$	H
1	403948,118	4626076,010	310,529
2	403848,591	4626115,987	312,757
3	403771,460	4626087,732	311,215
4	403752,805	4626024,999	309,076
5	403812,202	4626051,991	314,714
6	403824,701	4625996,991	310,950
7	403949,665	4626000,923	311,254

A partir de les coordenades de les bases podem procedir a fer la radiació i així obtenir les coordenades de tots els punts radiats amb l'estació total.

Les dades de partida seran les lectures d'angles i de distància, l'altura de l'aparell i l'altura del prisma. Cada punt radiat l'hem associat a un codi (camp, vorera, fanal...), per tal de facilitar la feina a l'hora d'editar el plànol topogràfic, ja que crearem una capa diferent per cada codi. En el moment de fer la radiació en camp, ja havíem introduït en l'estació total aquestes dades. El número de punts radiats és d'aproximadament uns 800.

El plànol topogràfic l'hem creat amb el software Autocad Civil 3D, important l'arxiu que associa cada punt amb unes coordenades i el seu codi. Generem paral·lelament capes de punts (localització del punt radiat segons les seves coordenades) i capes de text (que indiquen la cota del punt).

La resta de capes que creem seran de línies, de trames i de símbols per tal de representar tots els elements.

En el plànol topogràfic base hem fet una neteja dels punts radiats per a no representar-los tots.

També creem les corbes de nivell emprant el software LanDTM, que funciona com a complement a Autocad. A partir del núvol de punts generat i la seva triangulació, triem les característiques que preferim i generem les corbes, en aquest cas seran suavitzades i amb una distància entre corbes d'1 metre i de 5 metres per les corbes mestres.



## 7 DISSENY DE L'ESTACIÓ I DE LA PLATAFORMA

### 7.1 Disseny de l'estació

#### 7.1.1 Ubicació i característiques de l'estació

El disseny de l'estació s'ha plantejat estudiant la millor ubicació possible, de manera que quedi el més a prop possible del nucli urbà, serveixi alhora als polígons industrials adjacents, es pugui integrar fàcilment en l'entorn (menors impacte ambiental i afectacions possibles) i per últim que aprofiti un tram de via recta.

Una altra possibilitat hauria sigut mantenir l'actual traçat pels trens de mercaderies i construir a banda una variant només pel tren-tramvia que penetrés en el nucli urbà. Això permetria tenir una estació més cèntrica i amb major cobertura, però penalitzaria el temps de trajecte total de la línia en perllongar el recorregut i afegir-hi encreuaments amb el trànsit rodat. També suposaria una major inversió en l'obra.

Finalment s'ha optat pel traçat existent i la ubicació triada per l'estació es situa en un tram de via recta, un cop acabada la corba a la dreta d'entrada al municipi des de Manresa i passat el pas superior d'accés al polígon industrial de Santa Anna III.



Figura 7.1: Vista des del pas superior a l'indret on s'ubicaria l'estació, amb el polígon industrial a la dreta.  
Vista de la circulació d'un tren de mercaderies

El disseny d'estació plantejat en el present projecte preveu respectar el POUM, al qual es fa referència en l'apartat 3.4. D'aquesta manera, es realitzaria el desdoblament de la via en el tram que abasta l'estació i s'ubicarien dues andanes enfrontades a banda i banda.

Els accessos a l'estació es farien a través de rampes i escales des del pas superior existent. No s'ha previst ni edifici de viatgers ni vestíbuls donat que la concepció de les parades és no tenir control d'accessos i que el control tarifari sigui obert. La venda i validació dels bitllets es realitzaria a les marquesines de les andanes i/o a l'interior dels vehicles. Seria aconsellable que les andanes disposessin d'extintors, megafonia i d'un element de comunicació interactiva per atenció al públic.

S'ha descartat per tant la instal·lació d'ascensors degut a que seria necessària una major inversió, requeriria un manteniment periòdic, perquè el pas superior està afectat pel POUM (i pot ser que s'elimini en un futur) i perquè degut a que no existeix un recinte tancat d'estació, els ascensors poden ser víctimes de vandalisme.

Com que el POUM no fa referència a cap estació de ferrocarril i només al traçat actual, aquest s'hauria de modificar i adaptar per part de l'Ajuntament. En tot cas, si es desenvolupessin en un futur els vials i rondes previstos, el pas superior existent seria eliminat i substituït per un de nou en una altra ubicació. Això suposaria que les andanes no es veurien afectades però sí els accessos. D'aquesta manera hi hauria la possibilitat de crear nous accessos des del nou pas superior o bé optar per accessos pels usuaris a nivell de via mitjançant passos semaforitzats.

Per últim, hem consultat les dades cadastrals de les diverses finques adjacents per conèixer-ne la naturalesa. En tots els casos es tracta de sòl de naturalesa urbana però sense superfície construïda. A dia d'avui s'utilitzen com a terreny agrari, espai d'esbarjo o espai d'aparcament. Les fitxes de consulta descriptiva i gràfica de les dades cadastrals de les finques es troben en l'annex 5.

#### 7.1.2 Secció tipus

La secció general plantejada per l'estació serà la següent:

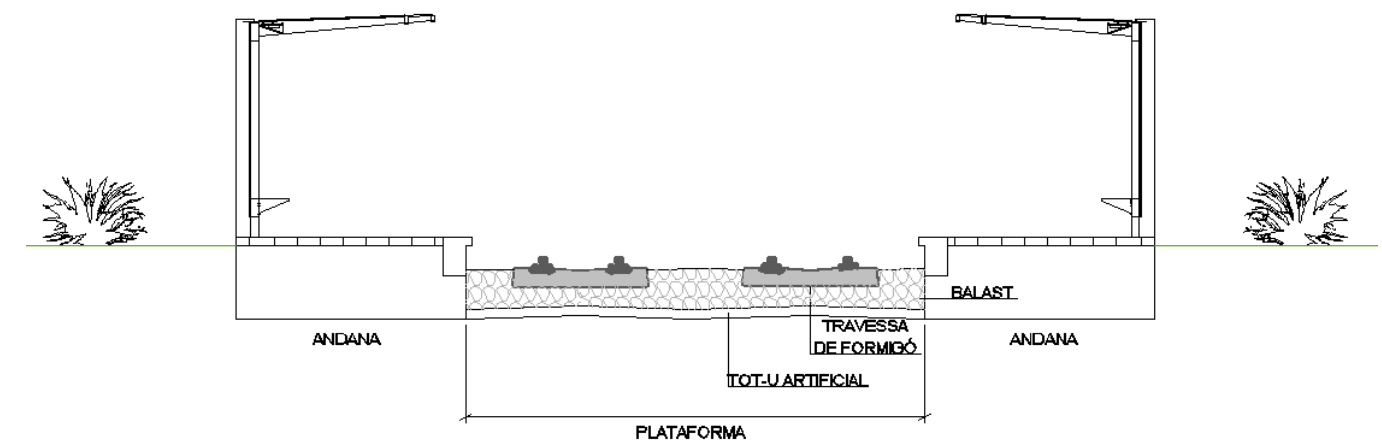


Figura 7.2: Secció general de l'estació

Les andanes tindrien una amplada de 3 m i una longitud de 80 m. Com s'havia comentat en l'apartat 5.2, es preveu aquesta longitud per si fos necessari circular amb vehicles en doble composició.

La separació entre andanes, on hi ha la plataforma amb les dues vies, és de 6 m. Per tal d'accedir al tren-tramvia, l'altura de l'andana des del cap de carril serà de 27,6 cm ja que es tracta d'un vehicle de pis baix. La diferència d'altura s'ha de limitar a 50 mm., inclús amb rodes desgastades.

S'ubicaria una marquesina en un tram de 20 m a cada andana per tal de protegir els viatgers de les inclemències meteorològiques. Aquestes estarien dotades de bancs i serien d'acer inoxidable i vidre.



El terra de les andanes, rampes i escales estaria format per panot de granit amb relleu interior. El present projecte no estudia com seria la construcció ni els materials emprats de les bases i fonaments, així com el pas de tot el cablejat i serveis auxiliars necessaris. Seria precis disposar de dos blocs tècnics, un per andana, que albergarien els equips associats a la mateixa.

La il·luminació es faria amb fanals degudament ubicats a una distància inferior als 12 m. Les marquesines disposarien d'il·luminació interior ubicada al propi sostre.

També s'ha considerat un caz de recollida d'aigües pluvials que ressegueix la part exterior de l'andana allà on hi ha un desmunt. Mentre que l'andana hauria de tenir un lleu pendent per evacuar aigües a la plataforma.

### 7.1.3 Accessibilitat

Per a estudiar l'accessibilitat de l'estació s'han consultat el Codi Tècnic de l'Edificació (CTE, ordre VIV/561/2010) i la Normativa d'Accessibilitat de Catalunya (NAC, decret 135/1995).

S'ha tingut en compte que els accessos i recorreguts de circulació dels viatgers siguin clars, sense ambigüitats i precisant el mínim de senyalització. En aquest cas els accessos són directes de carrer a andana, ja que l'estació no disposa de barreres tarifàries.

S'ha garantit que l'amplada i l'altura mínimes lliures d'obstacles siguin d'1,8 m i de 2,2 m respectivament, que la pendent transversal sigui  $\leq 2\%$ , que el nivell mínim d'il·luminació sigui de 20 lux i que no existeixi cap graó aïllat.

El paviment serà dur, estable, antilliscant en sec i en mullat, sense peces ni elements solts i sense ressals.

Les escales estan distribuïdes en trams de 10 graons, amb una alçària de 12 cm i una estesa de 30 cm. L'amplada de les escales és de 2,4 m (2 m lliure d'obstacles degut a l'espai requerit per les baranes) i els descansos entre trams tenen una longitud d'1,2 m.

La norma diu que l'alçària sigui inferior als 16 cm, que l'estesa sigui de 28 cm com a mínim i que el número de graons seguits sigui entre 3 i 12.

Es senyalitzarà cada graó en tota la seva longitud amb una franja de 5 cm enrasada amb l'estesa i situada a 3 cm de la vora, que contrasti en textura i color amb el paviment del graó.

Les rampes tenen una longitud de 9,2 m per tram, amb un desnivell del 10%. Igual que en les escales, l'amplada és de 2,4 m (2 m lliure d'obstacles) i els descansos entre trams tenen una longitud d'1,2 m. Els girs queden garantits donat que es segueix mantenint la mateixa amplada.

La norma diu que les rampes destinades a usuaris en cadira de rodes tinguin una longitud  $\leq 10$  m, i que el pendent sigui  $\leq 8\%$  per a longituds entre 3 i 10 m en el cas del CTE, mentre que la NAC permet que el pendent sigui  $\leq 10\%$ . S'ha decidit aplicar la normativa menys restrictiva, ja que són necessaris 7 trams de rampa i amb un pendent inferior caldria afegir 2 trams de rampa més.

Tant les escales com les rampes tindran baranes i passamans a ambdós costats, que seran continus en tot el recorregut i es prolongaran 30 cm més enllà del final de cada tram.

La barana de protecció serà d'1,1 m d'alçària, no escalable (sense punts de recolzament) i amb espais lliures entre elements verticals no seran superiors als 10 cm. Les baranes seran estables, rígides i estaran fortament fixades.

Els passamans seran dobles, amb un de superior a 1 m i un d'inferior a 70 cm. La secció o diàmetre serà de 5 cm.

En tota l'estació existiran encaminaments per invidents amb franges de paviment tàctil indicadors de direcció i d'advertència. Aquests partiran del pas superior i senyalitzaran els itineraris fins a les andanes a través de rampa o d'escala.



Figura 7.3: Detall del paviment i d'encaminament per invidents. Font: Trenscat.cat

A l'andana es senyalitzarà un encaminament paral·lel a les vies. Es senyalitzarà també l'extrem que dona a la plataforma amb una franja de 10 cm i situada a 3 cm de la vora, que contrasti en textura i color amb el paviment.

En els descansos entre trams d'escala i de rampa es disposarà una franja de paviment tàctil en l'inici dels trams descendents, amb la mateixa amplada que el tram i una profunditat de 80 cm.

Per últim, s'hauria de preveure reservar dues places d'aparcament per a PMR en les proximitats de l'estació i garantir l'accessibilitat del camí fins als accessos de l'estació.

### 7.1.4 Terraplens i desmunts. Moviments de terres

Per tal de construir l'estació serà necessari fer un moviment de terres que suposarà l'enretirada d'un volum excedent. Això és degut a que la ubicació de l'estació és en trinxera i per tant modificarem els terraplens existents, a més de la construcció dels murs per a les rampes i les escales.

En l'apartat 8.2 de l'estudi d'impacte ambiental es detalla el tractament de les terres excedents.

Com a resultat tindrem un nou desmunt de pendent 1:1 i un petit tram de terraplè, adjacents a l'andana del costat nucli urbà. El desmunt existent a l'andana del costat polígon industrial es mantindrà en part d'aquesta.

Els nous desmunts seran de terra compactada. Tots els desmunts i terraplens es tractaran per evitar que hi hagi escorrenties de terra i s'hi plantarà vegetació, així com a l'espai generat entre els murs de les rampes i les andanes.



## 7.2 Disseny de la plataforma

### 7.2.1 Característiques de la plataforma

El disseny de la plataforma s'ha plantejat de manera que modifiqui el mínim necessari el traçat de la via actual. És per això que s'aprofitarà el traçat existent i es desdoblirà la via únicament en l'amplada de l'estació per permetre el creuament de trens.

Es mantindrà la corba fins al pas superior, just abans de l'entrada a l'estació. A partir d'aquell punt la via es desdobra i es mantindrà la mateixa cota al llarg de l'estació, de manera que el traçat no seguirà el seu pendent ascendent existent. En sortir de l'estació i acabar el desdoblament, caldrà incrementar el pendent fins a fer coincidir la cota de la via amb l'existent.

Les dues vies quedarien comunicades per aparells de via amb sistemes electrònics automàtics, ja que FGC ha anat enretirant els aparells de via talonables progressivament de les seves línies per guanyar en seguretat.

Hi hauria altres possibilitats per la plataforma, a banda de la variant pel tren-tramvia que travessi el nucli urbà. Una seria no considerar necessari el creuament de trens, de manera que l'estació fos de via única i es prescindiria de l'andana del costat del polígon. L'altra seria considerar que el creuament ha de permetre el pas d'un tren de mercaderies, el que suposaria una major longitud del desdoblament.

El disseny de plataforma plantejat en el present projecte respecta el POUM, al qual es fa referència en l'apartat 3.4. En aquest cas el POUM manté el traçat existent del traçat del ferrocarril sense modificacions.

Per últim, hem consultat les dades cadastrals de les finques per on passa la via de ferrocarril. El cadastre les qualifica de forma estranya com a sòl rústic de tipus agrari. En un cas l'ús principal que en determina és via de comunicació de domini públic i en l'altre és terreny improductiu. Les fitxes de consulta descriptiva i gràfica de les dades cadastrals de les finques es troben en l'annex 5.

### 7.2.2 Seccions tipus

Les seccions general plantejades per la plataforma seran les següents:

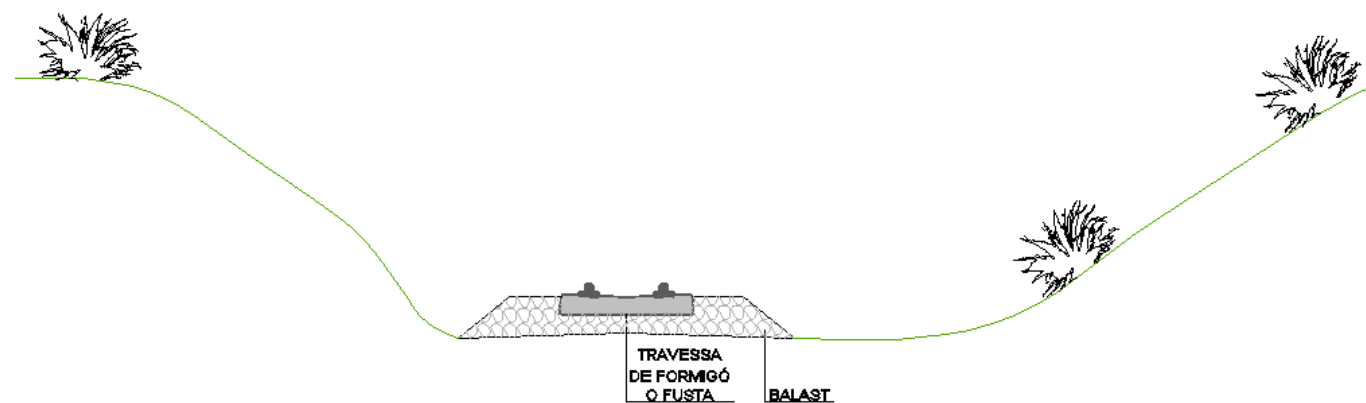


Figura 7.4: Secció general de la plataforma amb via única, excepte en la zona de l'estació

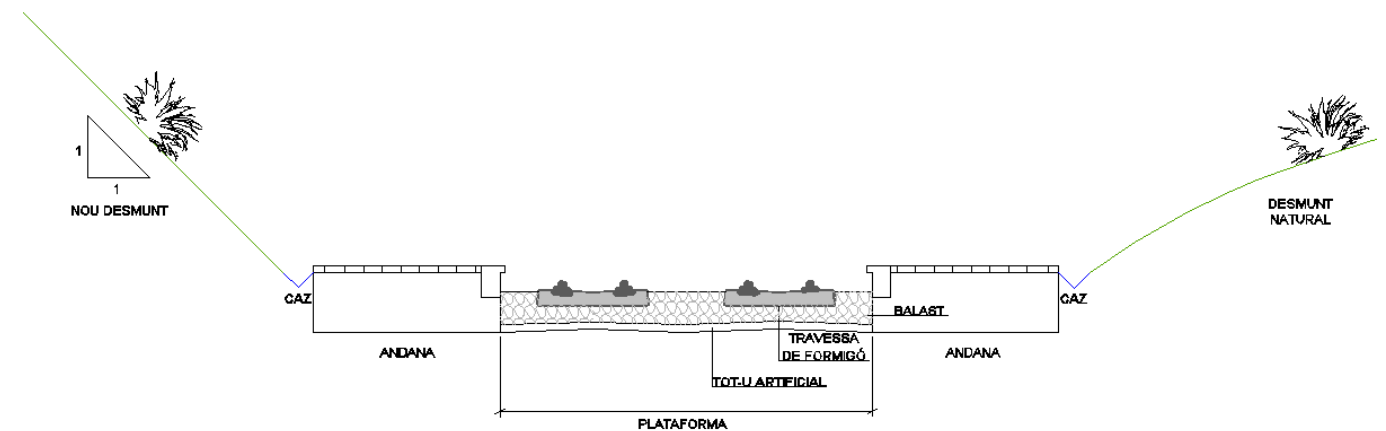


Figura 7.5: Secció general de la plataforma amb via doble en la zona de l'estació

En el tram desdoblament es col·locarà la via amb travessa de formigó monobloc. En la resta de trams es mantindran les travesses existents de fusta alternades amb formigó, que s'aniran substituint progressivament i en base al manteniment de la via per travessa de formigó. Aquesta substitució ha de comportar també el canvi de subjeccions per unes d'elàstiques allargades.

D'aquesta manera es podran conservar de forma més fiable les característiques geomètriques de la via: es redueixen les deformacions, es garanteix la fixació de les subjeccions i s'augmenta el pes de la via, la qual cosa redueix la possibilitat de ripat.

En tots els trams serà necessari l'amolat previ i el soldat del carril, donat que no s'ha realitzat a dia d'avui. El carril existent és de 45 kg/m tipus Vignole i l'aconsellable seria anar-lo substituint per carril de 54 kg/m. Amb el trànsit reduït de trens de mercaderies i el pes molt reduït dels vehicles del tren-tramvia (càrrega màxima per eix de 10 t) és admissible mantenir el carril existent fins a la renovació d'aquest. Caldria estudiar també si es substitueix el carril de tipus Vignole per carril de tipus gola, l'habitual en les línies de tramvia. No obstant, podria existir una incompatibilitat amb el pas dels trens de mercaderies.



Figura 7.6: Vista de les travesses de fusta i de formigó monobloc alternades. Vista de la plataforma en l'indret on s'ubicaria l'estació, amb el polígon industrial a l'esquerra



Figura 7.7: Secció d'un carril tipus gola

La nova banqueta de balast quedarà constituïda per roques d'origen silici amb càrrega de trencament de 1200 kg/cm<sup>2</sup> amb una granulometria general compresa entre 32 i 63 mm, deixant un espessor mínim sota travessa de 30 cm i quedant la part superior de la banqueta enrasada amb la cara superior de les travesses.

Per sota de la capa de balast hi haurà una sub-base granular formada per tot-u artificial. Aprofitarem per disposar d'un filtre anticontaminant de material geosintètic en la part inferior de la nova banqueta de balast per tal d'evitar la contaminació de fins procedents de la plataforma.

En la banqueta existent caldrà la reposició o el condicionament del drenatge longitudinal i transversal en els trams afectats per tal d'evacuar l'aigua superficial de la via i evitar la contaminació del balast i l'erosió de la plataforma. També s'actuarà ens els desmunts adjacents a la plataforma per evitar que hi hagi escorrenties de terra o pedres que vagin a parar a la plataforma.

En els trams suburbans de la línia, com és el cas, el traçat és segregat i poc sinuós. Es respectarà l'actual plataforma, amb els radis de corba i peralts existents. S'evitaran en la mesura del possible nous encreuaments semaforitzats a nivell amb altres vies de comunicació per tal de no perjudicar les velocitats màximes assolibles d'entre 80 i 100 km/h. Es disposarà de senyalització ferroviària a tal efecte.

En canvi, allà on la línia serà exclusiva per tren-tramvia i quedi integrada en la trama urbana, com seria dins la ciutat de Manresa, el traçat serà segregat però hi ha haurà encreuaments semaforitzats amb els carrers. Els radis de corba podran ser molt inferiors, amb un mínim de 30 m, i no s'hi aplicaran peralts. La senyalització ha de permetre conduir amb marxa a la vista.

Per últim, no hi haurà un tancament de la plataforma a les bandes amb reixat metàl·lic o altres elements en cap dels trams. Es mantindrà la infraestructura oberta com en l'actualitat.

7.2.3 Moviments de terres

En aquest cas el moviment de terres serà mínim i no es generarà un excedent remarcable. Això és degut a que la plataforma es mantindrà similar a l'existent. S'aplicarà només un rebaix en l'extrem est del tram on s'ubica l'estació per tal de mantenir una cota constant al llarg de tota l'andana (la mateixa que a l'entrada per l'extrem oest). Un cop acabada l'andana, s'accentuarà lleument el pendent de la plataforma fins a recuperar el traçat existent de la via.

En l'apartat 8.2 de l'estudi d'impacte ambiental es detalla el tractament de les terres excedents.

8 ESTUDI D'IMPACTE AMBIENTAL

8.1 Estudi previ

8.1.1 Situació geogràfica. Classificació i usos del sòl

L'estudi d'impacte ambiental s'haurà d'adequar a la llei 20/2009 de la Generalitat de Catalunya sobre prevenció i control ambiental de les activitats.

La situació geogràfica del projecte s'inscriu en el municipi de Santpedor, no obstant el conjunt de la línia de ferrocarril objecte del projecte engloba més municipis de la comarca del Bages, com puguin ser Manresa, Sant Fruitós de Bages, Callús, Súria o Sallent.

Primerament consultem el text refós del POUM de Santpedor per veure la classificació de sòl i la definició de zones que existeixen al pas i proximitats de la línia de ferrocarril, d'acord amb les normes de planejament. En l'annex 6 es poden consultar alguns plànols del POUM del municipi de Santpedor.

Classificació del sòl	Definició de zones
SU	Sòl urbà
SUNP	Sòl urbanitzable no programat
SNU	Preferentment no agrícola
	Protecció de la vegetació natural
	Protecció dels rius i rieres
Sistemes	Sistema ferroviari
	Parc urbà
	Places i jardins públics
	Àrees esportives

En aquest estudi d'impacte ambiental ens fixarem especialment en les zones de protecció de la vegetació natural (clau 14) i de protecció dels rius i rieres (clau 15). La zona de sistema ferroviari (clau F) s'ha detallat en l'apartat 3.4 sobre planejament urbanístic del present projecte. A continuació es detallen els articles referits:

Zona de protecció de la vegetació natural (clau 14):

Article 156. Definició.  
Comprèn els sòls ocupats per masses arbòries que al construir un element bàsic en la caracterització de l'ambient natural i del paisatge, el Pla disposa la seva conservació i manteniment.

Article 157. Usos permesos i règim urbanístic.

1. Solament s'autoritzen les activitats i instal·lacions relacionades amb els valors protegits.
2. Queden expressament prohibits els moviments de terres o anivellaments i qualsevol instal·lació de tipus industrial.
3. Sense perjudici de l'obligació de sol·licitar altres autoritzacions, serà preceptiva per qualsevol activitat la corresponent llicència municipal. En la sol·licitud haurà de justificar-se expressament la idoneïtat de l'activitat respecte dels valors protegits. En la llicència municipal hauran de constar les mesures que han de portar-se a terme per assegurar en tot moment la preservació total d'aquestes zones.



4. Es prohibeixen les tales d'arbres que no responguin a plans d'explotació forestal adequadament autoritzats per l'Administració d'Agricultura, havent-se d'assegurar en tot cas, per raons d'interès públic-urbanístic, la permanència de masses forestals.
5. En les zones pobres de vegetació s'hi autoritzaran processos de repoblació i regeneració de les masses forestals, prohibint-hi la utilització d'espècies estranyes a la zona.
6. Tota intervenció relacionada amb l'obertura de camins forestals caldrà que tingui informe previ de l'organisme competent de l'Administració d'Agricultura i es sotmetrà a tràmit de llicència municipal.
7. No s'autoritzarà el trànsit de vehicles en aquesta zona, excepte pels camins ja fets.

Zona de protecció dels rius i rieres (clau 15):

Article 158. Definició i Normes específiques.

1. Comprèn els terrenys ocupats pels rius, rieres o torrents i els sòls pròxims als mateixos, inundables, ocupats freqüentment per vegetació. Aquests terrenys es protegeixen de qualsevol tipus d'edificació i instal·lacions amb la finalitat d'evitar-hi processos contaminants.
2. Amb aquest efecte queda prohibit el vessament de qualsevol mena de residus, sòlids o líquids mentre no s'efectuï la prèvia depuració.
3. A les voreres dels rius s'hi admetrà l'ús agrícola amb les mateixes condicions definides a l'article 155 per la zona de protecció de l'horta.
4. Es promourà en aquestes zones les replantacions d'arbres d'espècies adequades (pollanques, àlbers, oms, salzes, etc.).

A continuació es fa una breu sinopsi dels usos del sòl a la zona d'influència de la línia de ferrocarril a la comarca del Bages:

- Conreus: els conreus ocupen una gran part de la zona. Els conreus predominants són de secà, sobretot de blat i d'ordi. Secundàriament, també es troben algunes àrees dedicades al cultiu llenyós, ja sigui de vinya, d'olivera o de fruiters diversos.
- Zones forestals: Els boscos existents són principalment d'alzinars i pinedes de pi blanc, amb una presència variable de roure martinenc.
- Torrents, rius, rieres i zona d'influència: A banda dels rius Cardener i Llobregat, al llarg de tot el traçat es troben diferents recs i rieres que són creuats. Els cursos d'aigua generen una zona d'influència, sobretot en el tram alt, en la qual s'hi desenvolupen boscos de ribera, amb espècies com el vern, els salzes... En els llocs més degradats es troben canyars i canyissars.
- Sòl nu o amb escassa vegetació: existeixen algunes àrees on la vegetació és escassa. Aquestes zones són antics camps de cultiu abandonats o bé zones properes a magatzems i petites indústries.
- Zones urbanes i industrials: estan representades pels nuclis urbans i polígons industrials que es troben al llarg del recorregut de la línia de ferrocarril.

Per últim, el traçat no afecta cap espai protegit, tot i que n'hi ha de propers. Els règims de protecció i espais d'interès natural propers serien:

- Àrees PEIN: la Serra de Castelltallat i el Pla de Reguant (Súria).
- Àrees incloses a la Xarxa Natura 2000: la Serra de Castelltallat i el Pla de Reguant (Súria).
- Espais d'interès natural sense figura de protecció: l'Estanyol de la Bòbila (Santpedor), la Roureda de la Malesa i el Cogulló (Sallent), el pla de les Torres i la riera de Joncadella (Sant Joan de Vilatorrada i Santpedor) i la Sèquia i Estany de l'Agulla (Manresa).

### 8.1.2 Geologia i geomorfologia

Les principals unitats morfo-estructurals de la comarca del Bages han estat modelades per la presència dels rius Llobregat i Cardener.

A nivell macroscòpic aquesta àrea queda emmarcada en el què s'anomena Depressió Central Catalana, que durant part del Terciari es va omplir de sediments procedents dels relleus que la limitaven (els Pirineus al nord, la cadena costanera catalana a l'est i la cadena Ibèrica a l'oest i al sud). Afloren per tant roques sedimentàries d'aquell període: conglomerats, gresos, lutites (margues, argil·lites i limolites), calcàries i, puntualment, evaporites (guix i sal gemma). La majoria de roques d'aquesta àrea són de l'Eocè superior o de començament de l'Oligocè, però sobretot a prop dels rius també trobem sediments detrítics molt més moderns, d'edat quaternària, com els que donen lloc a les graveres.

Ja a nivell més local, es poden distingir dues àrees geomorfològiques: Per una banda al sud trobem l'anomenat Pla de Bages, que envolta la ciutat de Manresa i que té un relleu pla i ondulat. Per l'altra banda al nord trobem un relleu ondulat previ als contraforts meridionals dels Pirineus.

Els punts d'interès geològic més pròxims inventariats pel Departament de Medi Ambient i Habitatge (avui Departament de Territori i Sostenibilitat) de la Generalitat de Catalunya són el 220 GZ Súria - Tordell i el 217 GZ: Cardona - Muntanya de Sal.

Pel que fa a les grans estructures anticlinals i les falles, de nord-est a sud-est trobem la següent seqüència: anticlinal de Pinós i diapir de Cardona, anticlinal nord de Súria, falla de Mig-Món de Súria i anticlinal de Balsareny, anticlinal de Súria i falla del Tordell, anticlinal de Santa Maria d'Oló i encavalcament del Guix de Sallent.

### 8.1.3 Hidrologia

Relatiu a la hidrologia superficial, l'àmbit d'estudi s'emmarca dintre de la conca hidrogràfica del Llobregat. El traçat del projecte discorre per la plana definida pels rius Cardener i Llobregat i travessa diversos cursos fluvials, el més importants dels quals són la Riera de Tordell i el Riu Cardener. A continuació es fa una breu explicació d'aquests rius i rieres:

- Riu Llobregat: és un dels principals rius de Catalunya i forma part de les anomenades conques internes. Neix a Castellar de n'Hug (Berguedà), a 1.295 metres d'altura, en plena Serra del Cadí, i desemboca al mar Mediterrani, en el terme municipal del Prat de Llobregat. Té una longitud de 170 km i la superfície total de la conca és de 4.948,3 km².
- Riu Cardener: neix a les fonts del Cardener, situades al municipi de La Coma i la Pedra, a 1.100 metres d'altitud i desemboca al riu Llobregat a Sant Vicenç de Castellet. En el seu recorregut es troben els pantans de la Llosa del Cavall i de Sant Ponç, situats respectivament als termes de Sant Llorenç de Morunys i Clariana de Cardener. La longitud del riu és de 85 km i la superfície total de la conca és de 1.373,2 km².
- Rieres i torrents: els principals que travessa la línia de ferrocarril són la riera de Joncadella, la riera de Bellver, el torrent de Boadella, el torrent de Camprubí, el torrent de Fondo, la riera de Tordell, el riu d'Or, el torrent de la Sala i el torrent de Soldevila.

Caldrà tenir present també els punts crítics subjectes a perill d'inundació, que podem trobar en el document "Delimitació de zones inundables per a la redacció de l'INUNCAT" de l'ACA.



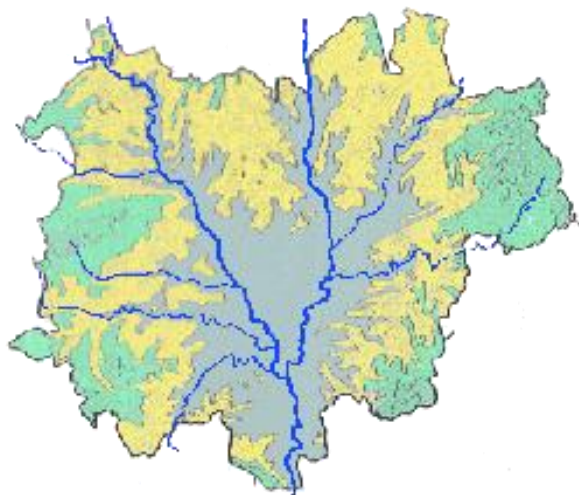


Figura 8.1: Rius i rieres de la comarca del Bages

8.1.4 Vegetació i fauna

El tipus de vegetació i de fauna que podem trobar en l'àmbit d'estudi ve condicionada per factors com la naturalesa dels sòls, els quals tenen un fort component calcari, el clima mediterrani local caracteritzat per una pluviometria propera als 600 mm, el cultiu de la major part de la superfície cultivable i la utilització de la major part dels terrenys de la plana al·luvial, tant per a ús urbà com industrial.

Resumim en primer lloc els diversos hàbitats i el tipus de vegetació que hi trobem:

Hàbitat	Tipus de vegetació
Forestal	Alzinar
	Pineda de pi blanc
	Bosc mixt de roure, pi blanc i alzina
	Roureda
Matollar	Matollars
	Brolles
	Canyars
	Vegetació ruderal
Hàbitats riparis i zones humides	Bosc i matollars de ribera
	Alberedes
	Freixenedes
	Omedes
	Salzedes
	Pollancredes
	Canyissars
Àrees obertes	Prats humits
	Prats secs
	Erms
	Prats i herbassars
	Conreus
Hàbitat rupícola	Roquissars i cingles

A continuació detallem els tipus de vegetació i les poblacions faunístiques que podem trobar en els règims de protecció i espais d'interès natural de la comarca i citats al punt 8.1.1:

- La Serra de Castelltallat: està situada entre l'oest del Bages i el sud del Solsonès i abasta uns 65 km². Segons l'orientació nord a sud apareixen diverses formacions forestals com pinedes, principalment de pi blanc, rouredes i alzinars. Allà on no hi ha bosc hi predominen els prats de jonça o el fenassar. És remarcable la presència del ruac en algunes petites afloracions de guix i de la melissa borda.

S'hi detecta la presència de nombroses espècies d'interès pertanyents a un ampli ventall d'hàbitats faunístics. Algunes d'aquestes són el duc, el xoriguer, el corb i la perdiu, entre les aus. Dins els mamífers es troben espècies com el senglar, la guilla o el conill.

- El Pla de Reguant: es troba al sud del nucli urbà de Súria i té una extensió de 74 hectàrees. Conté l'albereda més extensa i ben conservada de la conca del Cardener.

Hi ha censades fins a 27 espècies que es troben sota diferents graus de protecció, com són el teixidor, el rossinyol, l'oriol, el picot verd o el picot garser gros. La presència de tantes espècies, aus en la seva majoria, és perquè l'espai ofereix un ampli ventall de nínxols ecològics donada la diversitat d'hàbitats presents. És un punt de nidificació i repòs per a molts ocells propis de les comunitats fluvials.

- L'Estanyol de la Bòbila: es troba al municipi de Santpedor i té una extensió de 8 hectàrees. El tipus de vegetació és aquàtica, com els canyissars i els canyars.

Es tracta d'una zona humida establerta prop del traçat del ferrocarril i sent aquest preexistent, fet que constata que no és un impediment per les poblacions d'avifauna d'aquest espai, amb fins a 18 espècies protegides, que és zona de parada i repòs d'aus migratòries. Hi trobem espècies com l'ànec coll-verd, que és el més abundant, la fotja, el rascló, el balquer, l'abellerol i el blauet. També hi ha presència d'amfibis com la granota verda i la reineta.



Figura 8.2: Vista de l'Estanyol de la Bòbila. Font: Descobrir.cat

- La Roureda de la Malesa i el Cogulló: aquest espai es troba en el límit Nord del Pla de Bages, dins del municipi de Sallent, i té prop de 88 hectàrees. S'hi troben ben representats els hàbitats faunístics propis del bosc caducifoli integrat bàsicament pel roure. Aquí s'hi detecten espècies pròpiament forestals d'ambients medieuropeus.

- El pla de les Torres i la riera de Joncadella: aquest espai es troba als termes de Sant Joan de Vilatorrada i de Santpedor i té una extensió de 259 ha. Està format per planes cerealistes combinades amb masses forestals. Aquestes es distribueixen en clapes de bosc i estan constituïdes per pinedes mediterrànies i rouredes submediterrànies. Tenen un gran interès ecològic donada la seva funció de refugi i connector per a la fauna.

Inclou un 6,5% de la superfície total a comarca de canyissars i formacions anàlogues, hàbitat que determina la seva rellevància com zona de reproducció de la fauna aquàtica. Es poden detectar rèptils com el gripau corredor, el gripau comú i la salamandra. També s'hi detecten nombroses espècies d'aus com la xixella, el cucut reial, l'aligot, l'astor, l'esperver, el mussol banyut o la guatlla.

- La Sèquia i Estany de l'Agulla: es troba al nord del municipi de Manresa i es tracta d'un parc i embassament d'aigua artificial. No obstant, és l'únic important de la comarca i ocupa unes 16 hectàrees.

Hi ha un reduït nombre d'espècies presents, malgrat la importància de l'espai com a zona humida, en ser una zona de lleure on s'hi practiquen esports nàutics. Les espècies més característiques són l'ànec coll-verd i el gavià fosc. També s'hi detecten importants poblacions d'ictiofauna com la carpa.

#### 8.1.5 Qualitat de l'aire i emissions

La major part de l'àmbit d'estudi es caracteritza per ser un territori eminentment agrícola i forestal, amb una densitat de població relativament baixa i una presència d'activitats industrials bàsicament centrada en l'activitat minera de Súria i Sallent.

Les principals fonts contaminants de l'atmosfera que existeixen en l'actualitat són les industrials, els vehicles i les domèstiques. Les activitats extractives de les mines són importants fonts de PST (partícules en suspensió totals), mentre que les vies de comunicació amb intensitat de trànsit elevada poden produir nivells d'immissió alts.

El Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya realitza per a tot el territori mapes de vulnerabilitat i capacitat atmosfèriques a partir de models de dispersió atmosfèrica. Serveixen per establir un criteri de valoració de risc d'exposició als contaminants atmosfèrics, a les zones potencialment vulnerables i d'acord amb els límits admissibles que la legislació fixa.

La vulnerabilitat del territori és un índex estimatiu del risc per l'exposició de la població a cadascun dels contaminants estudiats. La combinació del nivell d'immissió i la densitat de població serveix per establir la vulnerabilitat del territori. A la comarca del Bages és molt baixa, amb excepcions puntuals en els municipis de Sallent i Manresa.

La capacitat és el paràmetre que ens indica quines àrees del territori ofereixen condicions més favorables per a l'establiment de nous focus emissors. La capacitat està relacionada amb les emissions que tenen lloc a la zona i amb el poder de dispersió del medi atmosfèric de l'àrea que s'estudia. Pel que fa a la capacitat, aquesta és generalment alta en tota la comarca del Bages i moderada a Manresa per a certs agents contaminants com les PST.

### 8.2 Mesures correctores

#### 8.2.1 Moviments de terres i hidrologia

En la zona que abasta el present projecte, atès que es realitzaran extraccions de terra per tal d'encabir les andanes de l'estació i, en menor mesura, per anivellar la plataforma de via en aquesta zona, serà necessari realitzar un pla de gestió de terres específic on es coordinin els sobrants de terres amb els requeriments d'obra en un altre punt de la línia o d'altres obres.

Es comprovarà en primer lloc la idoneïtat de les terres extretes per decidir els usos a que puguin ser destinades i després es farà el corresponent tractament o transport. En cas de requeriment, es reservarien preferentment les terres per al seu ús en qualsevol altre punt de l'obra. En cas contrari, es buscaria una altra obra on poguessin ser útils.

Si aquestes terres sobrants fossin sòls aptes per a l'ús agrícola (argiles i llims lleugerament sorrenços amb graves), aquestes es podrien abocar escampades sobre camps existents previ consentiment del propietari. Mentre que si els materials fossin majoritàriament roques o pedres, caldria veure la possibilitat d'utilitzar-los per terraplenar.

Com a darrera opció hi ha les activitats extractives en fases de restauració o abandonades i els abocadors de runa.

Les terres s'hauran d'aplegar en aplecs temporals, sota prescripció de la direcció d'obra i l'assistència ambiental. Des d'allà seran traslladades al corresponent destí final. En cas que hi hagi contractistes d'altres obres interessats en les terres excedents, s'hauran de fer responsables de la recollida i transport del material cap a les seves obres.

La maquinària utilitzarà camins existents sempre que sigui possible, adequant-los per al pas de maquinària pesada i deixant-los en bones condicions en finalitzar l'obra, evitant l'obertura de nous camins. També caldrà deixar en perfectes condicions les zones d'emmagatzematge de materials i els aplecs temporals de terres.

S'hauran de prendre les mesures necessàries per restaurar els desmunts amb la major celeritat possible per tal d'evitar els riscos d'erosió associats a aquestes estructures. La revegetació serà factible mitjançant hidrosembra i plantació arbustiva i en determinats punts també amb plantacions arbòries d'apantallament visual.

Per tal d'evitar la formació de xaragalls sobre els talussos i àrees amb forts pendents, es considera imprescindible el tractament i control de les aigües d'escolament mitjançant la construcció d'un bordó lateral (caz) que conduirà l'aigua de l'escolament superficial fins als baixants.

Pel que respecta a la hidrologia, no s'espera que es produeixin afectacions en l'àmbit del projecte al municipi de Santpedor. A la resta de la línia tampoc es preveuen afectacions sobre els cursos fluvials ja creuats (no es requereix construcció de nova plataforma), i si es produeixen es considera que serien de poca magnitud, com per exemple fruit de la caiguda de material dins la llera durant la manipulació de materials.

#### 8.2.2 Reducció de les emissions de partícules a l'atmosfera

L'emissió de partícules i gasos a l'atmosfera es produirà durant tota la fase d'obres i, en especial, durant els treballs de moviment de terres. Caldrà regar sistemàticament les zones de moviment de terres i els camins d'obra durant l'execució de les obres per tal d'evitar l'aixecament de pols i l'excés d'emissions de partícules en suspensió i sedimentables a l'atmosfera, incrementant la freqüència durant els mesos més secs. També és important la limitació de la velocitat dels vehicles d'obra a 20 km/h.

És recomanable l'ús de pantalles per protegir del vent els punts de càrrega i descàrrega de material en zona urbana. S'hauria d'evitar així mateix la realització de moviments de terres o de transport de materials en situacions de vent fort o molt fort.

S'han de controlar les emissions de partícules i gasos en instal·lacions auxiliars d'obra en cas que s'utilitzin. També s'haurà de realitzar el transport de materials susceptibles de produir pols, cobert amb lones que impedeixin la seva dispersió durant el transport.

### 8.2.3 Contaminació acústica

Durant la fase d'obres s'ha de prevenir la contaminació acústica. Per això a nivell de vehicles d'obra es limitarà la seva velocitat a 20 km/h i es farà el manteniment pertinent perquè estigui en bon estat. La maquinària hauria de posseir el certificat de la CE relatiu a la protecció contra la contaminació acústica.

S'haurà d'establir un calendari i una planificació de l'obra on quedin programades les activitats amb maquinària pesada i dintre de l'horari diürn permès i s'indiquin les rutes a seguir pels vehicles de transport (minimitzant l'afectació als receptors acústics més exposats).

Altres mesures són utilitzar els aplecs com a pantalles acústiques a l'obra i optar per l'ús de les zones de préstec i pedreres properes a l'obra per reduir l'ús de maquinària pesada.

Per últim, i de cara als treballadors, cal proveir-los de protectors auditius si és necessari.

Respecte la contaminació acústica produïda pel propi pas de trens, es poden instal·lar sistemes antivibradors entre el rail i les travesses (de material elastomèric) i ubicar pantalles de tipus arbustiu a les bandes de la plataforma.

### 8.2.4 Vegetació i fauna

En la zona que abasta el present projecte no es preveuen importants afectacions en la vegetació o la fauna. No obstant caldrà tenir presents un seguit de consideracions.

Abans de començar les obres es realitzarà una poda selectiva de les branques sobresortints que puguin veure's afectades durant la fase d'obres, evitant danys que poden afectar la supervivència dels exemplars. S'haurà d'anar en compte per tal d'evitar qualsevol afecció directa sobre nius, especialment si la poda es fa entre els mesos de març i setembre. És recomanable l'aplicació d'un calendari d'obra en que s'evitin les accions més pertorbadores per a la fauna en els períodes més crítics per a elles.

Durant les obres es respectarà la vegetació existent al llarg de tota la superfície afectada i es delimitarà físicament la zona de treball per evitar malmetre l'entorn més immediat. La zona d'ocupació temporal es reduirà sempre que sigui possible, i en concret, en les zones més vulnerables. Els aplecs temporals de terres i l'acumulació de material d'obra se situaran fora d'aquestes zones. És també recomanable evitar el pas de maquinària per camins diferents dels camins d'obra.

En acabat, es realitzaran plantacions arbòries i arbustives en aquells punts on es consideri necessari per a la millor integració paisatgística de l'obra i per la recuperació de masses vegetals afectades, amb les mateixes espècies que hi havia abans de la intervenció o amb altres espècies autòctones. En el cas dels desmunts es durà a terme una hidrosembra per a la protecció de la coberta del sòl i prevenir fenòmens d'erosió. Si fos necessari també es faria una hidrosembra en les zones que han servit per ocupació temporalment i en els aplecs.

Per últim, un cop l'estació de tren-tramvia entri en funcionament s'ha de tenir en compte la utilització d'enllumenat que minimitzi l'afecció a la fauna (així com també la contaminació lumínica). En aquest sentit, és preferible la utilització de llums de sodi.

## 9 CONCLUSIONS

La construcció d'una estació a Santpedor i la posada en marxa del tren-tramvia al Bages ha de permetre millorar urbanísticament el municipi i incrementar l'oferta de transport públic per comunicar millor la comarca, tot aprofitant una infraestructura existent. Es tracta d'un projecte d'interès social perquè pretén disminuir l'ús del vehicle privat i perquè es tracta d'un transport accessible. S'entén però que aquest projecte no és pot realitzar de forma independent i requereix d'un projecte global per a tota la línia.

Aquest projecte ha de causar el menor impacte possible en el medi ambient, per la qual cosa es proposa establir un seguit de mesures durant els treballs d'obra i de mesures correctores en la finalització d'aquests treballs. Així mateix, es preveu que les afectacions siguin petites i que s'aprofiti el projecte per a millorar l'entorn. La principal afectació serà el necessari aplec provisional de les terres extretes i sobrants.

A nivell personal, l'objectiu final d'aquest projecte era el d'acomplir allò que havia plantejat en la proposta inicial, posar en pràctica els coneixements que he adquirit al llarg de la carrera i també adquirir-ne de nous, que eren necessaris per als treballs a realitzar.

Estic satisfet perquè aquest projecte m'ha permès treballar de forma autònoma, tant en camp com en oficina, el que m'ha fet guanyar experiència i m'ha suposat haver de resoldre les dificultats, així com corregir i aprendre dels errors. Com a valoració, penso que s'han acomplert força aquests objectius i que aquest projecte em servirà de cara al futur professional.

Com a resum del treball realitzat: s'ha desenvolupat tota una part específicament de topografia com és la de realitzar un estudi de camp de la zona d'actuació, un aixecament topogràfic i radiació amb estació total d'aquesta zona i l'obtenció de les coordenades de dues bases mitjançant aparells GPS. A continuació, la realització dels treballs de gabinet amb totes aquestes dades: tractament, compensacions i obtenció d'unes coordenades finals de la radiació. Amb aquests punts radiats s'ha dibuixat un plànol topogràfic i s'han creat les corbes de nivell.

La part aplicada del projecte ha consistit en projectar una estació de tren-tramvia i l'adaptació de la plataforma de via existent. Per això s'ha hagut de consultar el POUM del municipi o aplicar normatives referents a l'accessibilitat. També s'ha aprofundit en les característiques que haurien de tenir els vehicles de la línia. Per últim s'ha realitzat un apartat referent a l'impacte ambiental del projecte.

## BIBLIOGRAFIA

### Publicacions:

- Chueca Pazos, M.: Topografía. Dossat (1982)
- Corral Manuel de Villena, I.: Topografía de Obras. Edicions UPC (1996)
- Domínguez García-Tejero, F.: Topografía. Mundi-Prensa (1997, 12a edició)
- Ojeda Ruiz, J.L.: Métodos topográficos y Oficina Técnica. Edició de l'autor (1984)

### Documentació:

- CTE - Codi Tècnic de l'Edificació (ordre VIV/561/2010)
- Estudi informatiu relatiu a la implementació del tren-tramvia a la comarca del Bages
- Inventari d'espais d'interès geològic del departament de Territori i Sostenibilitat
- Mapes de capacitat i vulnerabilitat del territori del departament de Territori i Sostenibilitat
- NAC - Normativa d'Accessibilitat de Catalunya (decret 135/1995)
- PEIN - Pla d'espais d'interès natural de Catalunya
- Pla d'Infraestructures de Transports a Catalunya 2006-2026
- Pla Director Urbanístic del Pla de Bages
- POUM i text refós del POUM de Santpedor

### Pàgines web:

- ADIF - Administrador de Infraestructuras Ferroviarias ([www.adif.es](http://www.adif.es))
- Ajuntament de Santpedor ([www.santpedor.cat](http://www.santpedor.cat))
- Consell Comarcal del Bages ([www.ccbages.cat](http://www.ccbages.cat))
- ICGC - Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya ([www.icgc.cat](http://www.icgc.cat))
- Idescat - Institut d'Estadística de Catalunya ([www.idescat.cat](http://www.idescat.cat))
- Ferropedia, la enciclopedia colaborativa del ferrocarril ([www.ferropedia.es](http://www.ferropedia.es))
- FGC - Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya ([www.fgc.cat](http://www.fgc.cat))
- FGV - Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana ([www.fgv.es](http://www.fgv.es))
- Portal de la Dirección General del Catastro ([www.catastro.meh.es](http://www.catastro.meh.es))
- Registre de planejament urbanístic de Catalunya ([ptop.gencat.cat/rpucportal](http://ptop.gencat.cat/rpucportal))
- Trenscat.cat, la web dels trens de Catalunya ([www.trenscat.cat](http://www.trenscat.cat))
- Viquipèdia ([www.ca.wikipedia.org](http://www.ca.wikipedia.org))

## AGRAÏMENTS

Vull agrair de forma molt especial als meus pares el recolzament i estima que sempre m'han donat en aquest temps. També els vull agrair la seva ajuda i col·laboració en els treballs de camp que han compartit amb mi.

Vull agrair molt a l'Ana, la meva tutora, el seu interès pel projecte, la dedicació i sobretot la confiança que ha tingut en mi.

També vull agrair l'ajuda i les facilitats que he tingut del Joan i del Ramon.

Per últim, donar les gràcies a Leica Geosystems per posar al meu abast de forma desinteressada el material que he requerit.

Sense vosaltres i la vostra ajuda no hauria estat possible la realització d'aquest projecte.

## CONTINGUT DEL CD

- Memòria en format PDF
- Annexes en format PDF
- Càlculs i radiació en format Excel

## ANNEXES

1. Ressenyes
2. Informe de tancament GPS
3. Informe de xarxa GPS
4. Plànols
  - 4.1 Planta de situació
  - 4.2 Planta topogràfic
  - 4.3 Planta general
  - 4.4 Plantes parcials
  - 4.5 Estat d'alineacions en planta
  - 4.6 Perfils longitudinals
  - 4.7 Secció tipus
5. Consulta de dades cadastrals
6. POUM de Santpedor